

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-169228

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

G03B 21/62
G03B 21/10

(21)Application number : 2001-368074

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 14.05.1993

(72)Inventor : YOSHIDA TAKAHIKO
YOSHIKAWA HIROKI
HIRATA KOJI
OSAWA ATSUO
MATSUDA YUTAKA
MURANAKA MASAYUKI

(30)Priority

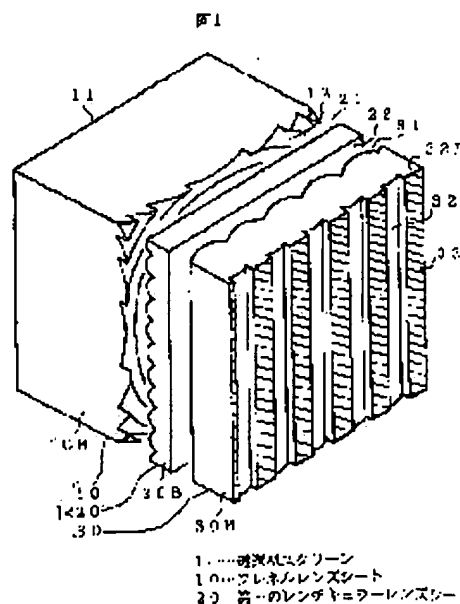
Priority number : 04123462	Priority date : 15.05.1992	Priority country : JP
04140388	01.06.1992	JP
04203450	30.07.1992	JP
04203449	30.07.1992	JP
05092736	20.04.1993	JP
05084417	12.04.1993	JP

(54) TRANSMISSION SCREEN AND REAR PROJECTION IMAGE DISPLAY DEVICE EQUIPPED WITH THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accomplish both of the drastic enlargement of vertical and horizontal directivity in a screen and the drastic reduction of color-shifting, and also, to improve the focusing quality and enhance contrast of an image, in a transmission screen for a rear projection image display device.

SOLUTION: In the transmission screen equipped with a fresnel lens sheet 10, a first lenticular lens sheet 20 and a second lenticular lens sheet 30, the first lenticular lens sheet 20 is constituted by continuously arranging a plurality of longitudinal lenticular lenses having a light incident surface 21 whose longitudinal direction is parallel to the horizontal direction of the



screen, and the sheet 20 is thinner than other sheets. The second lenticular lens sheet 30 is constituted by continuously arranging a plurality of vertically longitudinal lenticular lenses having a light incident surface 31 whose longitudinal direction is parallel to the vertical direction of the screen, and fine particles of light diffusing material are not diffused in the base material 30B of the sheet 30.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-169228

(P2002-169228A)

(43)公開日 平成14年6月14日(2002.6.14)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 3 B 21/62

21/10

識別記号

F I

G 0 3 B 21/62

21/10

テマコード*(参考)

2 H 0 2 1

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 85 頁)

(21)出願番号 特願2001-368074(P2001-368074)

(62)分割の表示 特願平5-112737の分割

(22)出願日 平成5年5月14日(1993.5.14)

(31)優先権主張番号 特願平4-123462

(32)優先日 平成4年5月15日(1992.5.15)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平4-140388

(32)優先日 平成4年6月1日(1992.6.1)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平4-203450

(32)優先日 平成4年7月30日(1992.7.30)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 吉田 隆彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所映像メディア研究所内

(72)発明者 吉川 博樹

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所映像メディア研究所内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

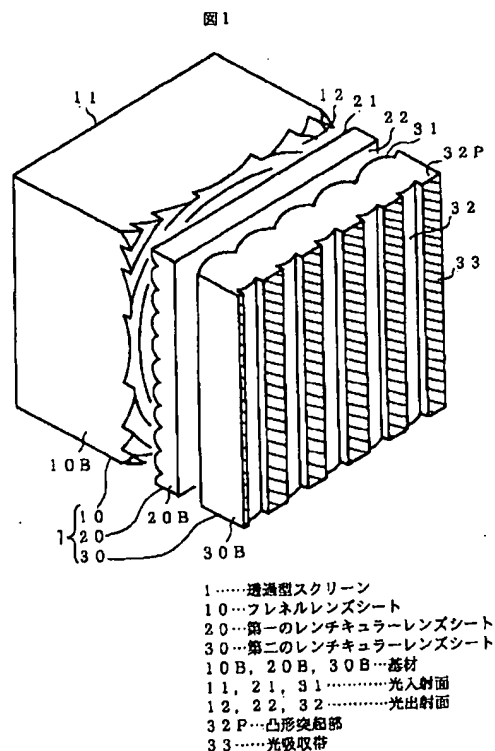
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 透過型スクリーン及びそれを備えた背面投写型画像ディスプレイ装置

(57)【要約】

【目的】 背面投写型画像ディスプレイ装置の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面垂直方向及び水平方向の指向特性の大幅拡大と、カラーシフトの大幅な低減を同時に実現し、さらに、画像のフォーカス特性及びコントラストを向上する。

【構成】 フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30を備えた透過型スクリーンにおいて、第一のレンチキュラーレンズシート20は、光入射面21がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズを連続して複数並べた形状となっており、そのシート厚さが他のシートのシート厚さより薄い。第二のレンチキュラーレンズシート30は、光入射面31がスクリーン画面垂直方向を長手方向とする縦長レンチキュラーレンズを連続して複数並べた形状となっており、その基材30Bの中には光拡散材の微粒子が拡散されていない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】画像発生源側より入射される画像光を透過して、画像観視側に射出する透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面水平方向の光拡散の開始点と、スクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点が、画像光の進行方向に沿って異なる位置にあることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項2】請求項1に記載の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面水平方向の光拡散の開始点が、スクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点より画像観視側に位置することを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項3】請求項1に記載の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点が、スクリーン画面水平方向の光拡散の開始点より画像観視側に位置することを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項4】請求項1ないし請求項3に記載の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面水平方向の光拡散は、前記透過型スクリーンを構成する面のうちの2面に形成されたスクリーン画面垂直方向を長手方向とする縦長レンチキュラーレンズによって行われることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項5】請求項1ないし請求項4に記載の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、前記透過型スクリーンを構成する面のうちの1面に形成されたスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズによって行われることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項6】請求項1ないし請求項4に記載の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、前記透過型スクリーンを構成する面のうちの1面に形成されたスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズと、前記透過型スクリーンを構成するレンズシートのうちの少なくとも1枚がその基材内部またはその表面に有している光拡散材と、によって行われることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項7】請求項1ないし請求項4に記載の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、前記透過型スクリーンを構成する面のうちの少なくとも2面に形成されたスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズによって行われることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項8】請求項1ないし請求項4に記載の透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、前記透過型スクリーンを構成する面のうちの少なくとも2面に形成されたスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズと、前記透過型スクリーンを構成するレンズシートのうちの少なくとも1枚がその基材内部またはその表面に有している光拡散材と、によって行われることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項9】請求項6または請求項8に記載の透過型スクリーンにおいて、前記光拡散材は主にスクリーン画面垂直方向の指向特性における画面正面方向付近の光拡散を行い、前記横長レンチキュラーレンズは主にスクリーン画面垂直方向の指向特性における画面正面方向から離れた方向の光拡散を行うことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項10】請求項1ないし請求項9に記載の透過型スクリーンにおいて、前記透過型スクリーンのスクリーン画面垂直方向の指向特性が、最大輝度を B_0 とし、スクリーン画面垂直方向の各観視角度における輝度が $0.5B_0$ 以上、 $0.1B_0$ 以上となるような観視角度の範囲をそれぞれ θ_{50} 、 θ_{10} としたときに、

【数32】 $\theta_{10} \geq 3.4 \times \theta_{50}$

なる式を満足する指向特性となることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項11】映像発生源側より入射される映像光を透過して、映像観視側に射出する透過型スクリーンであって、

1枚以上のシート要素で構成され、前記シート要素のうち、少なくとも1枚のシート要素（以下、特定シート要素という）は、その映像発生源側の光入射面の形状が、スクリーン画面垂直方向を長手方向とする第一のレンチキュラーレンズを複数個、スクリーン画面水平方向に連続的に配置した形状を成し、その映像観視側の光射出面の形状が、スクリーン画面垂直方向を長手方向とする第二の縦長レンチキュラーレンズを複数個、前記第一のレンチキュラーレンズにほぼ対向して、スクリーン画面水平方向に連続的に配置した形状を成すと共に、前記第一の縦長レンチキュラーレンズのスクリーン画面水平方向の断面形状が映像発生源側に凸である形状を成し、かつ、前記第一の縦長レンチキュラーレンズは光軸近傍の屈折力に比べて、その周辺部の屈折力が弱いことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項12】請求項11に記載の透過型スクリーンにおいて、前記第一の縦長レンチキュラーレンズの屈折力は、前記第一の縦長レンチキュラーレンズのスクリーン画面水平方向の断面形状によって制御されることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項13】映像発生源側より入射される映像光を透過して、映像観視側に射出する透過型スクリーンであって、

1枚以上のシート要素で構成され、前記シート要素のうち、少なくとも1枚のシート要素（以下、特定シート要素という）は、その映像発生源側の光入射面の形状が、スクリーン画面垂直方向を長手方向とする第一の縦長レンチキュラーレンズを複数個、スクリーン画面水平方向に連続的に配置した形状を成し、その映像観視側の光射出面の形状が、スクリーン画面垂直方向を長手方向とする第二の縦長レンチキュラーレンズを複数個、前記第一

の縦長レンチキュラーレンズにはほぼ対向して、スクリーン画面水平方向に連続的に配置した形状を成すと共に、前記第一の縦長レンチキュラーレンズのスクリーン画面水平方向の断面形状が、前記第一の縦長レンチキュラーレンズの光軸からの距離 r の関数 $Z(r)$ で与えられる形状を成し、かつ、映像発生源側に凸で、前記光軸に対し軸対称である形状を成し、前記関数 $Z(r)$ を2次微分して得られる関数 $Z''(r)$ に、前記光軸からの距離 r を、前記光軸の近傍と前記第一の縦長レンチキュラーレンズの周辺部について代入したとき、それにより得られる値の符号が相互に異なることを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項14】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有する投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.34の内の少なくとも1つに設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項15】請求項104に記載の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズ面の画像観視側に縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を配したことを特徴とする投写型画像表示装置の透過型スクリーン。

【請求項16】請求項104に記載の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズ面の画像観視側に縦長レンチキュラーレンズ面、画像発生源側に横長レンチキュラーレンズ面を配したことを特徴とする投写型画像表示装置の透過型スクリーン。

【請求項17】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有し、縦長レンチキュラーレンズのピッチ P_h に比して、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v が共に小さい投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f と横のレンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.34の内の少なくとも1つに設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項18】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有し、縦長レンチキュラーレンズのピッチ P_h に比して、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v が共に小さい投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f と横のレンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.

34の内の少なくとも2つを有する複合ピッチに設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項19】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有し、縦長レンチキュラーレンズのピッチ P_h に比して、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v が共に小さい投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f と横のレンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.34の内の少なくとも2つを有する複合ピッチとし、その1周期のピッチの総和 P が、縦のレンチキュラーレンズのピッチ P_h に対して $P/P_h = M + 0.3 \sim M + 0.7$ (M ; 自然数)あるいはその逆数の間に設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項20】請求項104ないし109に記載の透過型スクリーンにおいて、縦長レンチキュラーレンズまたは横長レンチキュラーレンズの、内部あるいは外部にレンズ面以外の光拡散手段を設けたことを特徴とする透過型スクリーン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、透過型スクリーンとそれを用いた背面投写型画像ディスプレイ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】小型画像発生源としての投写型ブラウン管や液晶表示装置などに表示された画像を、投写レンズにより拡大し、透過型スクリーンに投写する背面投写型テレビジョン受像機等の背面投写型画像ディスプレイ装置は、近年、画質の向上が著しく、大画面による迫力ある臨場感を楽しむことができるため、家庭用、業務用に普及が進んでいる。

【0003】この背面投写型画像ディスプレイ装置においては、投写型ブラウン管を画像発生源として用いる場合、透過型スクリーン上の画面の輝度を十分に明るくするために、従来より、一般に、赤、緑、青の3原色についてそれぞれブラウン管と投写レンズを組み合わせ、透過型スクリーン上で3原色の画像の合成を行うようにしていた。

【0004】この構成の背面投写型画像ディスプレイ装置に用いる透過型スクリーンとして、従来、たとえば、特開昭58-59436号公報に記載のように、フレネルレンズシートと、レンチキュラーレンズシートとを組み合わせた2枚構成の透過型スクリーンが提案されている。しかしながら、この既提案例では、スクリーン画面垂直方向への画像光の拡散を実現するための具体的な技術手段について開示されていなかった。

【0005】これに対し、スクリーン画面垂直方向への画像光の拡散を実現するために、たとえば、特開昭56

ー117226号公報、あるいは特開昭58-192022号公報に記載のように、フレネルレンズシートと、光を散乱する光拡散材が内部に微粒子として分散されているレンチキュラーレンズシートとを組み合わせた2枚構成の透過型スクリーンが提案されている。

【0006】以下、この従来技術について説明する。

【0007】図106は、上記の従来技術による透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【0008】図106において、1は透過型スクリーン、10は画像発生源（ブラウン管画面）側に配置されるフレネルレンズシート、30'は画像観視側に配置されるレンチキュラーレンズシートである。フレネルレンズシート10、レンチキュラーレンズシート30'の基材は、いずれも透明熱可塑性樹脂よりなる。このうち、レンチキュラーレンズシート30'の基材中には、前述の光を散乱させる光拡散材6が微粒子として分散されている。この光拡散材6の微粒子は、レンチキュラーレンズシート30'の基材30Bが有する屈折率と異なる屈折率を有しており、屈折もしくは反射により、光を上下左右に散乱させる。この光拡散材は、レンチキュラーレンズシート30'の基材30B中に微粒子として分散される場合のほか、レンチキュラーレンズシート30'の表面に光拡散層として積層されることもある。

【0009】11、12はフレネルレンズシート10の、それぞれ光入射面、光出射面であり、光入射面11は平面に、光出射面12はフレネル凸レンズ形状に、それぞれなっている。

【0010】また、31'は、レンチキュラーレンズシート30'の光入射面であり、スクリーン画面垂直方向を長手方向とする第一の縦長レンチキュラーレンズをスクリーン画面水平方向に複数並べた形状となっている。32'はレンチキュラーレンズシート30'の光出射面であり、光入射面31'の第一の縦長レンチキュラーレンズにはほぼ対向して、同じような形状の第二の縦長レンチキュラーレンズが複数配列されるとともに、隣り合うレンチキュラーレンズ相互の間には、凸形突起部32Pが設けられ、この凸形突起部32P上に光吸収帯（ブラックストライプ）33が積層されている。

【0011】上記の従来の透過型スクリーンにおいては、投写型ブラウン管画面上の表示画像の各点から出射した光束は、投写レンズ（いずれも図示せず）を経て、フレネルレンズシート10の光入射面11に入射する。この入射光束は、フレネルレンズシート10の光出射面12のフレネルレンズによりほぼ平行光束に変換され、レンチキュラーレンズシート30'に入射する。

【0012】レンチキュラーレンズシート30'に入射した光束は、光入射面31'の第一の縦長レンチキュラーレンズにより光出射面32'上の第二の縦長レンチキュラーレンズ面付近の焦点に向かい、その焦点からスクリーン画面水平方向に拡散するとともに、基材内に微粒

子として分散された光拡散材6により、スクリーン画面垂直方向及び水平方向に拡散されながら画像観視側に出射する。すなわち、入射光束のスクリーン画面水平方向の拡散は主に第一、第二の縦長レンチキュラーレンズの形状に依存して行われ、スクリーン画面垂直方向の拡散は光拡散材6の作用によってのみ行われる。

【0013】一方、たとえば、特開昭58-93043号公報に記載のように、スクリーン画面垂直方向への画像光の拡散を、レンチキュラーレンズシートの内部に微粒子として分散されている光拡散材と、フレネルレンズシートの一面に設けたレンチキュラーレンズのレンズ作用とにより行う2枚構成の透過型スクリーンが提案されている。

【0014】以下、この従来技術について説明する。

【0015】図107は、上記の従来技術による透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【0016】図107において、フレネルレンズシート10の光入射面11は、スクリーン画面水平方向を長手方向とする円柱の一部からなる横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっている。その他の構成は、図106の透過型スクリーンと同様である。

【0017】図107の構成の透過型スクリーンでは、フレネルレンズシート10の光入射面11に横長レンチキュラーレンズがあるので、入射光束は、この横長レンチキュラーレンズによりわずかにスクリーン画面垂直方向の拡散特性を付与される。その後、レンチキュラーレンズシート30'の基材内の光拡散材6によって、さらにスクリーン画面垂直方向の拡散特性を付与されることになる。また、入射光束のスクリーン画面水平方向の拡散は、図106の場合と同様に、主に第一、第二の縦長レンチキュラーレンズの形状に依存して行われる。

【0018】ここで、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズについてさらに詳しく説明する。

【0019】図108は図107の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10の垂直断面を示す断面図であり、図108において、140は入射光束である。

【0020】図108において、フレネルレンズシート10の光入射面11は、前述のように、スクリーン画面水平方向を長手方向とする円柱の一部からなる横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状となっている。この横長レンチキュラーレンズのピッチは、投写画像の走査線のピッチまたは画素のピッチより小さく設定され、さらには、投写画像の走査線のピッチとのモアレ、及び、画面上部と下部におけるフレネルレンズシート2のフレネル凸レンズの輪帯のピッチとのモアレが目立ちにくいように決められている。

【0021】具体的には、横長レンチキュラーレンズのピッチを、レンチキュラーレンズシート30'の第一、

第二の縦長レンチキュラーレンズのピッチより充分小さくするとともに、投写画像の走査線のピッチと横長レンチキュラーレンズのピッチが簡単な整数比にならないように設定していた。

【0022】たとえば、透過型スクリーンの画面サイズが、スクリーン画面水平方向に800mm、スクリーン画面垂直方向に600mmであり、スクリーン画面水平方向のピッチが0.78mmであるとき、そのスクリーン画面に480本の水平方向走査線が表示されるものとする、走査線のピッチは1.25mmとなる。そこで、この走査線のピッチに対しては、フレネル凸レンズの輪帯のピッチとして0.1ないし0.12mm程度のピッチが、横長レンチキュラーレンズのピッチとして0.08ないし0.1mm程度のピッチが、それぞれ選ばれることが多い。

【0023】一方、入射光束140は、光入射面11の横長レンチキュラーレンズから入射するとき、同じ走査線または同じ画素であっても、入射位置によって入射角が異なるため、それぞれ異なる角度に屈折して、スクリーン画面垂直方向に拡散されることになる。しかも、上記の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくすれば、入射光束140の入射角が大きくなり、光線はより広い角度範囲に拡散して指向特性が広がり、いわゆる垂直視野角が増加する。

【0024】次に、レンチキュラーレンズシート30'の光入射面31'と光出射面32'の縦長レンチキュラーレンズについてさらに詳しく説明する。

【0025】図109及び図110は図106、もしくは図107の透過型スクリーン1のレンチキュラーレンズシート30'の水平断面を示す断面図であり、図109、図110において、140は入射光束である。

【0026】図109及び図110において、光入射面31'の第一の縦長レンチキュラーレンズのレンズ面は楕円柱面の一部であり、その楕円は、レンチキュラーレンズシートの厚さ方向(図中1、1'により示す)を長軸方向とし、楕円の2焦点のうち1焦点が基材30B'の内部に位置し、他の1焦点が光出射面32'付近に位置するように構成されている。また、楕円の離心率 e は、基材の屈折率 n のほぼ逆数となるように選ばれている。図109及び図110では、屈折率 n を1.517とし、光入射面31'と光出射面32'との間隔(光軸上における距離)を0.86mmとして描いてある。

【0027】このような構成とすることにより、図109に示すように、楕円の長軸に平行に第一の縦長レンチキュラーレンズに入射した緑の光線は、全て光出射面32'付近の焦点に収束し、この焦点からスクリーン画面水平方向に拡散される。また、図110に示すように、楕円の長軸に対してある角度を成して第一の縦長レンチキュラーレンズに入射した赤と青の光線も、全て光出射面32'付近の焦点近傍に収束し、この点からスクリー

ン画面水平方向に拡散される。図110では、斜め入射光束は、楕円の長軸に対して集中角10度をもって入射した場合の光線追跡図となっている。

【0028】また、光出射面32'の第二の縦長レンチキュラーレンズのレンズ面は、光出射面32'の表面において、第一の縦長レンチキュラーレンズの楕円柱面とほぼ対称な楕円柱面としている。この第二の縦長レンチキュラーレンズは、赤、緑、青の入射光束に対し、これらの各色の出射光束の指向特性を相互にほぼ平行にする機能を有している。

【0029】次に、レンチキュラーレンズシート30'の基材中に分散された光拡散材6についてさらに詳しく説明する。

【0030】図111は図106、もしくは図107の透過型スクリーン1におけるレンチキュラーレンズシート30'の断面を示す断面図であり、図111(a)は光出射面32'の一つのレンチキュラーレンズの部分における垂直断面を、図111(b)は水平断面を、それぞれ示している。

【0031】図111(a)及び図111(b)において、レンチキュラーレンズシート30'の基材30B'内には、前述のように、光拡散材6が微粒子として分散されており、これにより、入射光線140は光入射面31'から入射後、スクリーン画面水平方向及び垂直方向に拡散しながら進み、光出射面32'から画像観視側に出射する。そして、上記の光拡散材の量を増せば、光はより広い角度範囲に拡散して指向特性が広がり、視野角が増加する。

【0032】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術による透過型スクリーンにおいては、いくつかの解決すべき課題がある。以下、この課題について説明する。

【0033】第一の課題としては、水平観視角及び垂直観視角の範囲の拡大があげられる。

【0034】図112は、一般的な水平観視角及び垂直観視角を説明するための説明図である。

【0035】スクリーンに正対した場合の水平観視角と垂直観視角をそれぞれ0度とする。

【0036】画面水平方向に観視位置を変え、スクリーンに対する水平観視角が α 〔度〕の方向からスクリーン上の画像輝度 B_α を測定することにより、スクリーンに正対した場合の画面輝度 B_0 との比率(相対輝度) $H = B_\alpha / B_0$ が求められる。同様に、画面垂直方向についても、スクリーンに対する垂直観視角が β 〔度〕の方向からスクリーン上の画像輝度 B_β を測定することにより、スクリーンに正対した場合の画面輝度 B_0 との比率(相対輝度) $H = B_\beta / B_0$ が求められる。

【0037】これらの相対輝度 H があるしきい値より小さくなると、画像がほとんど見えなくなる。画像が見える水平観視角 α と垂直観視角 β の範囲を、以下では、そ

れぞれ、水平観視範囲、垂直観視範囲と呼ぶ。また、相対輝度 $H = B_{\alpha} / B_0$ 、 $H = B_{\beta} / B_0$ が 50% となる水平観視角 α と垂直観視角 β を、以下では、それぞれ、水平視野角、垂直視野角と呼ぶ。

【0038】図113は、従来技術による透過型スクリーンにおいて得られる緑色画像光の指向特性を示す特性図であり、実線は図106の透過型スクリーン1において、レンチキュラーレンズシート30'の基材30B'の屈折率を1.50とした場合の画面水平方向の指向特性、破線は図107の透過型スクリーン1において得られる垂直方向の指向特性をそれぞれ示している。

【0039】図113に示すように、従来技術による透過型スクリーンでは、水平観視角 α が ± 47 度を超える位置においてスクリーン上の画像を観視できない。また、垂直観視角 β が ± 25 度を超える位置においてもスクリーン上の画像を観視できない。さらに、相対輝度 $H = B_{\beta} / B_0$ が 50% となる垂直視野角が ± 9 度程度と非常に狭い。

【0040】図114は、従来技術による透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズ単体についての、垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【0041】図114に示すように、従来技術による透過型スクリーンでは、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を0.3mm程度とすることで、垂直観視範囲として ± 4 度程度を得ている。この横長レンチキュラーレンズと、レンチキュラーレンズシート30'の基材中の光拡散材とを組み合わせ、透過型スクリーン全体として上記のように垂直観視範囲 ± 25 度を得ていることになる。

【0042】なお、従来の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズシート10のフレネル凸レンズの中心を画面中心から上下にずらした構成とすることにより、指向特性を上下対称な特性から若干ずらした特性にすることもある。

【0043】図115は、フレネルレンズシート10のフレネル凸レンズの中心を画面中心から上方に50mm程度ずらし、正面方向から約5度上方の方向が最大輝度になるようにした場合の、スクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【0044】さて、透過型スクリーンの指向特性としては、水平方向、垂直方向とも従来技術による透過型スクリーンの指向特性よりさらに広く、特に、裾の広い指向特性が望ましい。

【0045】図116は、透過型スクリーンにおける望ましい指向特性の例を示す特性図であり、水平観視範囲及び垂直観視範囲がともに ± 70 度程度となるような裾の広い指向特性となっている。

【0046】上記の従来の透過型スクリーンの指向特性の改善を図るために、スクリーン画面垂直方向の指向特

性をより広げ、垂直視野角を増加させようとするときには、レンチキュラーレンズシート30'の基材内の光拡散材6の量を増やすか、あるいはフレネルレンズシート10における光入射面11の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくすればよい。

【0047】しかしながら、従来の透過型スクリーンにおいて、レンチキュラーレンズシート30'の基材内の光拡散材6の量を増やすと、以下に述べるような問題が生じる。

【0048】図117は、図107の透過型スクリーン1の垂直断面において、入射光束がスクリーン画面垂直方向に拡散される様子を示す概略断面図であり、図118は、図107の透過型スクリーン1の水平断面において、入射光束がスクリーン画面水平方向に拡散される様子を示す概略断面図である。図117及び図118において、140は入射光束である。

【0049】図117及び図118に示すように、フレネルレンズシート10に入射した入射光束140は、光入射面11の横長レンチキュラーレンズの形状により屈折してスクリーン画面垂直方向に拡散された後、レンチキュラーレンズシート30'に入射して、基材内の光拡散材6によってさらに拡散されるため、画像観視側から見たときの光束の幅dは入射光束140の幅より大きくなって、光出射面32'における走査線幅あるいは画素サイズが大きくなり、結果として画像のフォーカス特性が低下する。

【0050】このとき、スクリーン画面垂直方向の指向特性を広げるために、レンチキュラーレンズシート30'の基材内の光拡散材6を増量すると、レンチキュラーレンズシート30'の光出射面32'における走査線幅あるいは画素サイズはますます大きくなって、画像のフォーカス特性はさらに低下してしまう。

【0051】また、図117及び図118に示したように、レンチキュラーレンズシート30'において、入射光束140は基材内の光拡散材6によって拡散されるのみならず、散乱されるため、一部の光線は再び光入射面31'側に反射されたり、レンチキュラーレンズシート30'内の迷光となったり、あるいは前記の光吸収帯33で吸収されたりして、光出射面32'付近の焦点に到達せず、光出射面32'から出射しないこととなり、画像観視側から見たスクリーン画面の明るさが低下する。この明るさの低下は、光拡散材6を増せば増すほど著しい。

【0052】また、入射光束140のうち、上記のように光拡散材6によって散乱され、迷光となった光は、投写光学系内を不要反射光として往来したのち、その一部が最終的にスクリーン画面（すなわち、レンチキュラーレンズシート30'の光出射面32'）に到達し、画像のコントラストが低下する。さらに照明光などの外光は、半分程度がレンチキュラーレンズシート30'の光

出射面32'に設けられた前記の光吸収帯33により吸収されるが、光出射面32'の第二の縦長レンチキュラーレンズに入射した外光は、光拡散材6により拡散反射され、同じく、画像のコントラストの低下を招く。これらのコントラスト低下についても、光拡散材6の増量により看過し得ないものとなる。

【0053】一方、従来の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズシート10における光入射面11の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくした場合に、次のような問題が生じる。

【0054】前述の如く、図117及び図118に示したように、フレネルレンズシート10に入射した入射光束140は、光入射面11の横長レンチキュラーレンズの形状により屈折してスクリーン画面垂直方向に拡散された後、レンチキュラーレンズシート30'に入射して、基材内の光拡散材6によってさらに拡散されるため、画像観視側から見たときの光束の幅dは入射光束140の幅より大きくなって、光出射面32'における走査線幅あるいは画素サイズが大きくなり、結果として画像のフォーカス特性が低下する。

【0055】このとき、スクリーン画面垂直方向の指向特性を広げるために、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくすると、レンチキュラーレンズシート30'の光出射面32'における走査線幅あるいは画素サイズはますます大きくなって、画像のフォーカス特性はさらに低下してしまう。このため、従来技術では、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズの曲率半径としては、実用上、最低限0.3mm程度とする必要があった。

【0056】従来の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を0.3mmとしたときの、横長レンチキュラーレンズ単体でのスクリーン画面垂直方向の指向特性については、先に図114により説明した通りである。

【0057】図114に示したように、上記の横長レンチキュラーレンズ単体では、垂直視野角として±4度程度が得られる。

【0058】したがって、以上のように、従来の透過型スクリーンでは、画像のフォーカス特性、明るさ、及びコントラストにトレードオフがないようにスクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大することはできないという問題点があった。

【0059】第二の課題としては、カラーシフトの低減があげられる。

【0060】カラーシフトとは、赤、緑、青の各色の投影光束がレンチキュラーレンズシート30'によりスクリーン画面水平方向に拡散されるときに、各色の指向特性が少し異なることに起因して、水平観視角αによって

赤、緑、青の3原色の色のバランスが変化し、画像の色が変化して見える現象を言う。詳細については後述する。

【0061】このカラーシフトは、赤色光の輝度Rと青色光の輝度Bの相対値（それぞれ、最も明るい輝度 R_{max} 、 B_{max} を基準とした場合の相対値）の比の対数で表すものとし、数1で評価するものとする。

【0062】

【数1】 $10 \times \log \{ (R/R_{max}) / (B/B_{max}) \}$

このカラーシフトはdBの単位で表され、0に近い方が特性が良い。たとえば、赤と青の相対輝度の比が1:1のときは0dBであり、2:1のときは約3dBである。

【0063】前述のように、レンチキュラーレンズシート30'の光出射面32'の第二の縦長レンチキュラーレンズのレンズ面は、赤、緑、青の入射光束に対し、これらの各色の出射光束の指向特性を相互にほぼ平行にする機能を有しており、これによりカラーシフトは幾分低減されているが、必ずしも充分な効果が得られていない。

【0064】図119は、図109、図110のレンチキュラーレンズシート30'によって得られる赤、緑、青色映像光の指向特性を示す特性図であり、赤、青の斜め入射光束が、楕円の長軸に対して集中角10度をもって入射した場合について示している。

【0065】図119の例では、観視角度30度において1.8dBのカラーシフトが発生している。

【0066】また、赤色光、青色光については、それぞれ45度、-45度より外側の観視角度で急激に輝度が低下する、いわゆるカットオフが存在する。緑色光については同様のカットオフが±50度付近で発生している。このようなカットオフがある場合、観視者が画面上に輝度の段差を感じることがあり、実用上問題となる。

【0067】図120は、図110のレンチキュラーレンズシート30'によって得られる赤、青色映像光の指向特性を示す特性図である。図120では、図119の場合より集中角を小さくした場合の特性を示している。

【0068】図120に示すように、水平観視角αが45度において相対輝度で50%差が生じ、これがカラーシフトの原因となる。そこで、この赤、青色映像光の相対輝度の差を大幅に低減することが必要となる。

【0069】以上のように、従来の透過型スクリーンでは、カラーシフトの低減が不充分であるという問題点があった。

【0070】第三の課題としては、モアレの低減があげられる。

【0071】前述のように、従来の透過型スクリーンでは、横長レンチキュラーレンズのピッチなどを、モアレを低減するための適切な値に設定しているが、必ずしも

充分な効果が得られていない。これは、モアレの強度を決定する要因として、ほかに、横長レンチキュラーレンズによる投写画像光の集光特性によって、フレネルレンズシート10の光出射面12において、輝度の高い部分と輝度の低い部分がスクリーン画面垂直方向に交互に並んで明暗線を生じているという要因があることによって、以下、簡単に説明する。

【0072】図121は、横長レンチキュラーレンズの集光特性によって生じるスクリーン画面垂直方向の輝度分布を示す特性図であり、図107の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10の光入射面11の画面垂直方向の輝度分布と、後述する本発明の透過型スクリーンにおける横長レンチキュラーレンズによるスクリーン画面垂直方向の輝度分布を比較して示した特性図である。

【0073】図121において、破線2は図107に示す従来技術によるフレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズの場合の輝度分布である。実線1は後述の本発明の実施例における横長レンチキュラーレンズによる輝度分布であり、詳細については本発明の実施例の項で説明する。

【0074】横長レンチキュラーレンズによる画像光の集光の状態は、図108に示したようになっている。すなわち、フレネルレンズシート10の光入射面11に入射した光束は、前述のように、光入射面11の横長レンチキュラーレンズの形状によってフレネルレンズシート10内の焦点(図示せず)で一旦集束するが、その後、発散して光出射面12に至る。このとき、画像発生源の各画素に対応した画像光は、それぞれ、一定の角度範囲内に拡散される。

【0075】この拡散の範囲は非常に狭く、垂直指向特性としては図114に示した如く両端部が切り立ったような特性となるため、光出射面12におけるスクリーン画面垂直方向の輝度分布は、図121において破線2で示したような分布となる。すなわち、光出射面12において、相対輝度の低い部分と相対輝度の高い部分とがスクリーン画面垂直方向に交互に並んでモアレの原因となる明暗線を生じ、しかも、その輝度差は非常に大きいものであるため、モアレの強度も大きくなる。

【0076】以上のように、従来の透過型スクリーンでは、モアレの低減が不充分であるという問題点があり、上記のような明暗線の輝度差を小さくすることが、モアレの低減のための重要な課題となる。

【0077】本発明の目的は、上記の従来の問題点を解決し、画像のフォーカス特性、明るさ、及びコントラストがともに良好で、かつスクリーン画面水平方向及び垂直方向の指向特性が広く、さらにカラーシフト及びモアレの少ない透過型スクリーン、及びそれを備えた背面投写型画像ディスプレイ装置を提供することにある。

【0078】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の背面投写型画像ディスプレイ装置の透過型スクリーンにおいては、フレネルレンズシート、第一のレンチキュラーレンズシート、第二のレンチキュラーレンズシートからなる3枚構成とする。あるいは、これに加えて最も画像観視側に、半透明に着色された光吸収シートを配置して4枚構成とする。そして、第一のレンチキュラーレンズシートの光入射面または光出射面、もしくはその両者の形状を、スクリーン画面水平方向を長手方向とする非球面の横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数配列した形状とする。あるいは、フレネルレンズシートの光入射面または光出射面の形状を、スクリーン画面水平方向を長手方向とする非球面の横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数配列した形状とする。あるいは、光吸収シートの光入射面または光出射面、もしくはその両者の形状を、スクリーン画面水平方向を長手方向とする非球面の横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数配列した形状とする。さらに、第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面及び光出射面の形状を、スクリーン画面垂直方向を長手方向とする非球面の縦長レンチキュラーレンズをスクリーン画面水平方向に複数配列した形状とする。

【0079】そして、スクリーン画面垂直方向の光拡散を、主として第一のレンチキュラーレンズシートの光入射面または光出射面、もしくはその両方に設けた横長のレンチキュラーレンズ、あるいは、フレネルレンズシートまたは光吸収シートの光入射面または光出射面、もしくはその両方に設けた横長のレンチキュラーレンズにより行い、補助的に第一のレンチキュラーレンズシートの光拡散材、第二のレンチキュラーレンズシートの光拡散材、または光吸収シートの光拡散材により行う構成とする。さらに、スクリーン画面水平方向の光拡散を、主として第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面及び光出射面に設けた縦長のレンチキュラーレンズにより行う構成とする。

【0080】上記の横長レンチキュラーレンズ、及び縦長のレンチキュラーレンズは、形状を最適化することにより、スクリーン画面垂直方向と水平方向の各色の画像光の指向特性を大幅に改善するようにする。

【0081】さらに、上記のフレネルレンズシート、第一のレンチキュラーレンズシート、第二のレンチキュラーレンズシート、光吸収シートのうち、第一のレンチキュラーレンズシートのシート厚さを最も薄くする構成とする。

【0082】また、上記の目的を達成するため、本発明の背面投写型画像ディスプレイ装置においては、上記の本発明の透過型スクリーンを備えるとともに、投写レンズを構成するレンズ群のうち、最も画像発生源に近い側に配設されるレンズを、その画像発生源側が面が凸面

を、その透過型スクリーン側の面が凹面をそれぞれ成す凹レンズで構成し、画像発生源と投写レンズとを結合器によって結合し、結合器内における、画像発生源と凹レンズとの間に生じる空間に、液体冷媒を封入するという従来からあるコントラスト改善技術を併用する構成とする。もしくは、これに加えて、投写レンズから透過型スクリーンに至る投写光路中に、基材と光反射性光学薄膜とからなる反射鏡を設け、その反射鏡の構成として、反射鏡の基材の表面のうち投写レンズ及び透過型スクリーンに対向する一面上に光反射性光学薄膜を成膜する構成とするか、もしくは、反射鏡の基材の表面のうち投写レンズ及び透過型スクリーンに対向する一面上に反射防止膜を設けるとともにその面と反対側の基材表面上に光反射性光学薄膜を成膜する構成とする、という従来からある画像のフォーカス特性の改善技術を併用する構成とする。

【0083】

【作用】前記の構成の透過型スクリーンを用いた背面投写型画像ディスプレイ装置においては、投写型ブラウン管などの画像発生源からの出射光は、投写レンズを経て透過型スクリーンに入射し、透過型スクリーンの画像発生源側に配置されたフレネルレンズシートにおいてはほぼ平行光となって通過したのち、第一のレンチキュラーレンズシートの光入射面または光出射面の横長レンチキュラーレンズによりスクリーン画面垂直方向に拡散され、次いで第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面の第一の縦長レンチキュラーレンズと光出射面の第二の縦長レンチキュラーレンズによりスクリーン画面水平方向に拡散され、さらに、光吸収シートを配置した場合には、光吸収シートを透過して画像観視側に出射する。

【0084】このとき、スクリーン画面水平方向の光拡散は、第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面または光出射面に設けた非球面の縦長レンチキュラーレンズの形状により制御されることから、スクリーン画面水平方向の指向特性を広げ、さらにカラーシフトの発生を極力抑えることが可能となる。

【0085】また、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、主として第一のレンチキュラーレンズシート、あるいはフレネルレンズシート、あるいは光吸収シートの、光入射面または光出射面に設けた非球面の横長レンチキュラーレンズの形状により制御されることから、非球面形状の最適設計によりスクリーン画面垂直方向の指向特性を広げ、垂直視野角を増加させることができる。

【0086】また、本発明においては、前述のように、第一のレンチキュラーレンズシート、フレネルレンズシート、光吸収シートの横長レンチキュラーレンズによってスクリーン画面垂直方向の指向特性を十分広げることができるので、第一のレンチキュラーレンズシート、第二のレンチキュラーレンズシート、あるいは光吸収シートには、全く光拡散材を含有させないか、または含有さ

せるにしても微量でよい。このため、光拡散材によって画像がぼやけることが少なくなり、良好なフォーカス特性が得られる。また、入射光線が光拡散材により散乱されて迷光を生じたり、さらに、照明光などの外光が光拡散材により散乱されたりすることも少なくなるので、従来の透過型スクリーンに比較して画像の明るさ、コントラストが向上する。

【0087】一方、フレネルレンズシート、第一のレンチキュラーレンズシート、第二のレンチキュラーレンズシートのうち、第一のレンチキュラーレンズシートのシート厚さを最も薄くすることにより、第一のレンチキュラーレンズシートの横長レンチキュラーレンズと、第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面の縦長レンチキュラーレンズとを、相互に近接するように配置できることから、入射光束のスクリーン画面水平方向の光拡散の開始点とスクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点とが近接することになり、フォーカス特性はさらに良好なものとなる。

【0088】さらに、透過型スクリーンの最も画像観視側に、半透明に着色された光吸収シートを配置する構成とする場合には、画像発生源側から画像観視側に至る投写画像光は、光吸収シートを1回だけ透過するため、光量が光吸収シートの透過率に比例して減衰するのに対し、照明光などの外光が透過型スクリーンで反射されて画像観視側に至るときは、光吸収シートの最も画像観視側の光出射面で反射される光を除き、その外光の大部分は光吸収シートを少なくとも1往復通るため、光量が光吸収シートの透過率の2乗に比例して減衰する。したがって、投写光より外光の方が損失光の比率が大きくなり、照明光などの外光があるときのコントラストが向上する。

【0089】なお、光吸収シートを配置しない場合には、第二のレンチキュラーレンズシートを半透明に着色した構成としてもよく、この場合にも、光吸収シートを配置した場合と同様に、照明光などの外光があるときのコントラストが向上する。

【0090】また、第一のレンチキュラーレンズシートの光入射面または光出射面に設けられた横長レンチキュラーレンズの形状を最適化し、光出射面におけるスクリーン画面垂直方向の輝度分布について、相対輝度の低い部分と高い部分との輝度差を小さくするようにした場合には、フレネルレンズ、横長レンチキュラーレンズ、縦長レンチキュラーレンズにより発生するモアレを低減することができる。

【0091】

【実施例】以下、本発明の第一の実施例を図1ないし図61により説明する。

【0092】図1は本発明の第一の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【0093】図1において、1は透過型スクリーンであ

り、本実施例では、フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30の3枚構成である。フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30はそれぞれ端部（図示せず）で相互に固定されている。10B、20B、30Bはそれぞれフレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30の基材であり、いずれもほぼ透明な熱可塑性樹脂材料よりなる。

【0094】フレネルレンズシート10は、光入射面11の形状が平面をなし、光出射面12の形状がフレネル凸レンズ形状をなしている。

【0095】第一のレンチキュラーレンズシート20は、光入射面21の形状がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に連続して複数配列した形状をなし、光出射面22の形状が平面をなしている。

【0096】第二のレンチキュラーレンズシート30は、その光入射面31の形状がスクリーン画面垂直方向を長手方向とする第一の縦長レンチキュラーレンズをスクリーン画面水平方向に連続して多数配列した形状をなし、またその光出射面32の形状が、スクリーン画面垂直方向を長手方向とする第二の縦長レンチキュラーレンズを光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズにほぼ対向してスクリーン画面水平方向に連続して複数並べた形状をなしている。さらに第二の縦長レンチキュラーレンズ相互間の境界部分には、凸形突起部32Pが設けられ、その上に有限幅の光吸収帯33が設けられている。

【0097】本実施例が、図106、もしくは図107に示した従来の透過型スクリーンと相違する点は、図1に示すように、フレネルレンズシート10の光入射面11が平面になった点と、シート厚さの薄い第一のレンチキュラーレンズシート20が新たに構成要素として加わった点と、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズと光出射面32の第二の縦長レンチキュラーレンズの形状がいずれも従来の透過型スクリーンにおけるレンチキュラーレンズシート30'の縦長レンチキュラーレンズの形状とは異なる新しい形状になった点と、第二のレンチキュラーレンズシート30の基材30Bの中に微粒子として光拡散材6が分散されていない点の4点である。

【0098】次に、図1に示した透過型スクリーン1を構成するフレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30について、まずフレネルレンズシート10から詳細に説明する。

【0099】フレネルレンズシート10の光出射面12に設けられているフレネル凸レンズは、従来の透過型ス

クリーンのフレネルレンズシートの場合と同様に、光入射面11全体に入射する赤、緑、青の投写画像光の光束を、それぞれの色ごとにほぼ平行な光束に変換し、第一のレンチキュラーレンズシート20に入射させる機能を有している。

【0100】図2は図1の透過型スクリーン1を備えた背面投写型画像ディスプレイ装置の要部を示す断面図であり、また、図3は図2の背面投写型画像ディスプレイ装置の投写光学系を水平面上に展開したときの概略展開図である。

【0101】図2及び図3において、1は透過型スクリーン、7R、7G、7Bはそれぞれ赤、緑、青の投写型ブラウン管、8R、8G、8Bはそれぞれ投写型ブラウン管7R、7G、7B用の投写レンズ、9Gは投写型ブラウン管7Gと投写レンズ8Gを結合する結合器、100R、100G、100Bはそれぞれ赤、緑、青の投写光束である。110は投写光束100R、100G、100Bを折り返すための反射鏡であり、図3ではこの反射鏡110を省略した展開図となっている。また、120は筐体、130R、130G、130Bはそれぞれ投写レンズ8R、8G、8Bの光軸であり、透過型スクリーン1の中心付近の一点 S_0 において、光軸集中角 θ で交わっている。

【0102】図2及び図3において、投写光束100R、100G、100Bは広がりながら透過型スクリーン1に入射している。これに伴い、透過型スクリーン1上の画像の各画素においては、特定の1色、たとえば赤の光線について見ると、各画素の主光線は平行ではなく、透過型スクリーン1の中心画素の主光線に対し互いに遠ざかる方向で透過型スクリーン1に入射する。このとき、透過型スクリーン1上の各画素については、それぞれの画素の主光線の方向が最も光の強度が強い方向となるため、一定位置にいる観視者にとっては、画像の一部分のみ明るく、その周囲は非常に暗く見えることになる。

【0103】これに対し、透過型スクリーン1において、フレネルレンズシート10は、光入射面11全体に入射する画像光の光束が、赤、緑、青の色ごとにほぼ平行光束となるように、光出射面12のフレネル凸レンズにより変換し、第一のレンチキュラーレンズシート20に入射させる機能を有しており、透過型スクリーン1上の画面の明るさの分布を改善できる効果がある。

【0104】ただし、このとき、前述のように、図3において、緑の光軸130Gは、赤の光軸130R、青の光軸130Bと光軸集中角 θ で交わっている。これに伴い、透過型スクリーン1上の各画素においては、赤、緑、青の各主光線は互いに異なる角度でフレネルレンズシート10に入射し、異なる角度でフレネルレンズシート10から出射する。このため、赤、緑、青の光線の第一のレンチキュラーレンズシート20への入射角も互い

に異なる角度となる。

【0105】赤、緑、青の各色の投写光束が第二のレンチキュラーレンズシート30によりスクリーン画面水平方向に拡散されるとき、各画素ごとに各色の主光線の方が最も明るい方向となるため、観視者が画像を見る水平方向の位置によって、赤、緑、青の3原色の色のバランスが変化し、画像の色が変化して見える。この現象は「カラーシフト」と呼ばれている。

【0106】次に、第一のレンチキュラーレンズシート20について説明する。

【0107】第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21に設けられている横長レンチキュラーレンズは、従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシートの光入射面の横長レンチキュラーレンズと同様に、入射光束140をスクリーン画面垂直方向に拡散する機能を有している。

【0108】図4は図1の透過型スクリーン1の垂直断面を示す断面図である。

【0109】図4において、140は入射光束である。その他、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0110】図4に示すように、入射光束140は、光入射面21の横長レンチキュラーレンズから入射するとき、同じ走査線、または同じ画素であっても、光入射面21への入射位置の違いにより入射角が違ってくるため、異なる角度に屈折し、スクリーン画面垂直方向に拡散される。このとき、この横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくすれば、入射光束140の入射角が全体的に大きくなり、光はより広い角度範囲に拡散してスクリーン画面垂直方向の指向特性が広がり、垂直視野角が増加する。

【0111】ここで、横長レンチキュラーレンズのピッチは、投写画像の走査線のピッチ、または画素のピッチより小さくなるよう構成する必要がある、さらには、投写画像の走査線のピッチとのモアレ、及び、画面上部と下部におけるフレネルレンズシート10のフレネル凸レンズの輪帯のピッチとのモアレを考慮して決める必要がある。

【0112】このうち、走査線のピッチと横長レンチキュラーレンズのピッチによるモアレについて特に注意を要するが、横長レンチキュラーレンズのピッチを、第一の縦長レンチキュラーレンズのスクリーン画面水平方向のピッチより十分小さくし、さらに走査線のピッチよりも十分小さくするとともに、走査線のピッチと横長レンチキュラーレンズのピッチが簡単な整数比にならないように設計すれば、モアレの強度は実用上問題とはならない水準となる。

【0113】たとえば、画面サイズが水平方向800mm、垂直方向600mm、透過型スクリーンのスクリーン画面水平方向のピッチが0.78mmのとき、その画

面に450本の水平方向走査線が表示されるものとする、走査線のピッチは1.33mmであるが、フレネル凸レンズの輪帯のピッチを0.105mm、横長レンチキュラーレンズのピッチを0.091mm程度に選べば、モアレは非常に目立ちにくくなる。

【0114】なお、図106、図107の従来の透過型スクリーンにおいては、主としてレンチキュラーレンズシート30'の基材30B'中に微粒子として分散されている光拡散材6によって、投写画像光は、スクリーン画面垂直方向に拡散され、裾を引いた指向特性となっていた。

【0115】これに対し、本実施例における第二のレンチキュラーレンズシート30の基材30Bの中には、前述のように、微粒子として光拡散材6が分散されていないため、横長レンチキュラーレンズの形状を、従来技術による透過型スクリーンのように単純な円柱状や楕円柱状にすると、スクリーン画面垂直方向の指向特性において、裾を引かずカットオフを生じ、この結果、ある角度範囲を超えると、投写画像光がなくなり、観視者には画像が見えなくなってしまう。このため、本実施例においては、横長レンチキュラーレンズの形状を、光拡散材6がなくても裾を引くような指向特性が得られるような非球面形状に設計するのが好ましい。このとき、裾を引くような指向特性により、第一のレンチキュラーレンズシート20の単体のある一方向から見たときの、横長レンチキュラーレンズ列による明るさの明暗差が、視覚的に緩和されることから、上記のモアレはさらに目立ちにくくなる。

【0116】さて、この第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズは、図107に示した従来の透過型スクリーン1におけるフレネルレンズシート10の光入射面11に設けられた横長レンチキュラーレンズに代わるものである。従来の透過型スクリーン1においては、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大するために、レンチキュラーレンズシート30'の基材30B'内の光拡散材を増量したり、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくすると、前述のようにフォーカス特性が低下した。

【0117】これに対し、本実施例において、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大するために、横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくしても、フォーカス特性は低下することがない。

【0118】これは、第一のレンチキュラーレンズシート20のシート厚さを、フレネルレンズシート10、第二のレンチキュラーレンズシート30のシート厚さより薄くし、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズと、第二のレンチキュラーレンズシート30光入射面31の縦長レンチキュラーレンズとを、相互に近接するように配置している

ことによっている。すなわち、本実施例では、入射光束 140 のスクリーン画面水平方向の光拡散の開始点とスクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点とを近接させているので、フォーカス特性が低下することがない。

【0119】具体的には、図4に示すように、入射光束 140 は、フレネルレンズシート 10 を通過したのち、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光入射面 21 の横長レンチキュラーレンズの形状により屈折し、焦点 f_0 で一旦集束し、そのまままた発散してスクリーン画面垂直方向に拡散された後は、スクリーン画面垂直方向には拡散されることがない。また、この光束は、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光出射面 22 から出射後、ただちに第二のレンチキュラーレンズシート 30 の光入射面 31 の縦長レンチキュラーレンズにおいてスクリーン画面水平方向に拡散されるので、画像観視側から見たときの入射光束 140 に対する出射光束のスクリーン画面垂直方向の光束の幅 d は、概ねフレネルレンズシート 10 の光出射面 12 上に現れる光束の幅で認識され、図 117 に示した従来の透過型スクリーンによる光束の幅 d より小さくなり、画像がぼやけることがない。

【0120】図5は、第一のレンチキュラーレンズシート 20 のシート厚さを、上記のようにフレネルレンズシート 10、第二のレンチキュラーレンズシート 30 のシート厚さより薄くした場合（光出射面 22 を実線で示す）と、図 107 に示した従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシート 10 のシート厚さと同程度に厚くした場合（光出射面 22 を一点鎖線で示す）とについて、スクリーン画面垂直方向の断面を比較して示す拡大断面図である。

【0121】図5に示すように、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光入射面 21 に入射した光束は、光入射面 21 の横長レンチキュラーレンズの形状によって第一のレンチキュラーレンズシート 20 内の焦点 f_0 で一旦集束し、その後、発散して光出射面 22 に至る。

【0122】第一のレンチキュラーレンズシート 20 のシート厚さが厚いとき（光出射面 22 が一点鎖線の位置にあり、シート厚さが t_1 のとき）は、光入射面 21 における光束の幅 d_0 と光出射面 22 における光束の幅 d_2 とを比べると、光出射面 22 における光束の幅 d_2 の方が大きくなる。このため、光拡散材 6 をなくしても、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光出射面 22 における走査線幅あるいは画素サイズが大きくなり、結果としてフォーカス特性が劣化することになる。スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大するために、光入射面 21 の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくすると、光出射面 22 における光束の幅 d_2 がさらに大きくなるため、フォーカス特性はさらに劣化する。

【0123】一方、第一のレンチキュラーレンズシート 20 のシート厚さを、上記のようにフレネルレンズシート 10、第二のレンチキュラーレンズシート 30 のシ

ート厚さより薄くしたとき（光出射面 22 が実線の位置にあり、シート厚さが t_0 のとき）は、光出射面 22 における光束の幅 d_1 は、シート厚さが t_1 のときの光出射面 22 における光束の幅 d_2 に比べ小さくなり、光入射面 21 における光束の幅 d_0 とほぼ同等となる。このとき、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光出射面 22 における走査線幅あるいは画素サイズも小さくなり、第二のレンチキュラーレンズシート 30 におけるスクリーン画面水平方向の光拡散の開始点におけるスクリーン画面垂直方向の光束の幅が小さくなり、フォーカス特性が良好になる。しかも、後述のように、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の垂直指向特性が図 30 に示すように裾広がりとなる特性となるときは、フォーカス特性の劣化は認識されにくい。

【0124】なお、本実施例においては、第一のレンチキュラーレンズシート 20 は、そのシート厚さがフレネルレンズシート 10、第二のレンチキュラーレンズシート 30 のシート厚さより薄いことから、単体では機械的強度が弱くなるが、フレネルレンズシート 10 及び第二のレンチキュラーレンズシート 30 のシート厚さを十分にとり、フレネルレンズシート 10 及び第二のレンチキュラーレンズシート 30 により第一のレンチキュラーレンズシート 20 を挟み込んで保持する構成とすることにより、または、フレネルレンズシート 10 及び第二のレンチキュラーレンズシート 30 の曲げ剛性を第一のレンチキュラーレンズシート 20 の曲げ剛性より十分に大きくすることにより、実用上問題とはならない。

【0125】ただし、このようにした場合でも、透過型スクリーン 1 を背面投写型画像ディスプレイ装置に実装したときに、各シート間に浮きを生じて密着しない可能性がある。そこで、この浮きを防止するために、あらかじめ、フレネルレンズシート 10 または第二のレンチキュラーレンズシート 30、もしくはこの両者に対し、画面周辺部よりも画面中心付近で相互により近接するような反りを付与し、その上で背面投写型画像ディスプレイ装置に取り付けたり、あるいは、各シートに面内張力を生じるように周囲に引張力を印加した状態で背面投写型画像ディスプレイ装置に取り付けたりする方法をとることが好ましい。

【0126】次に、第二のレンチキュラーレンズシート 30 について説明する。

【0127】図 1 において、第二のレンチキュラーレンズシート 30 の光入射面 31 に設けられている第一の縦長レンチキュラーレンズは、フレネルレンズシート 10 から出射した投写画像光の光束を、各画素ごとにスクリーン画面水平方向に拡散させ、画像観視側に射出させる機能を有している。

【0128】前述の特開昭 58-59436 号公報に記載されている従来の透過型スクリーンのレンチキュラーレンズシートでは、第一の縦長レンチキュラーレン

は、楕円柱面の一部を連続して複数配置した形状であった。その楕円は、レンチキュラーレンズシート 30' の厚さ方向を長軸方向とし、楕円の 2 焦点のうち 1 焦点が基材 30B' の内部に位置し、他の 1 焦点が光出射面 32' 付近に位置するように構成されていた。また、楕円の離心率 e は、基材 30B' の屈折率 n のほぼ逆数となるように選ばれていた。

【0129】図 106、図 107 の従来の透過型スクリーン 1 のレンチキュラーレンズシート 30' においては、前述のように、投写画像光は、スクリーン画面水平方向には、光入射面 31 の縦長レンチキュラーレンズにより拡散されるほか、このレンチキュラーレンズシート 30' の基材 30B' 中に微粒子として分散されている光拡散材 6 によっても、わずかながらさらに拡散され、裾を引いた指向特性となっていた。

【0130】これに対し、本実施例における第二のレンチキュラーレンズシート 30 の基材 30B の中には、前述のように、微粒子として光拡散材 6 が分散されていないため、第一の縦長レンチキュラーレンズの形状を従来のレンチキュラーレンズシート 30' の場合と同じにすると、スクリーン画面水平方向の指向特性において、裾を引かずカットオフを生じ、この結果、ある角度範囲を超えると、投写画像光がなくなり、観視者には画像が見えなくなってしまう。このため、本実施例においては、第一の縦長レンチキュラーレンズの形状を、光拡散材 6 がなくても裾を引くような広い指向特性が得られる形状に設計しておく必要がある。

【0131】一方、第二のレンチキュラーレンズシート 30 の光出射面 32 に設けられている第二の縦長レンチキュラーレンズは、第一の縦長レンチキュラーレンズの形状とはほぼ対称な形状の面となっている。この第二の縦長レンチキュラーレンズは、赤、緑、青の入射光束に対し、これらの各色の射出光束の指向特性を相互にほぼ平行にする機能を有しており、前述のカラーシフトを大幅に低減することができる効果がある。

【0132】また、本実施例においては、後述のように、第一の縦長レンチキュラーレンズ形状は、第二のレンチキュラーレンズシート 30 への入射光束が、光出射面 32 においては第二の縦長レンチキュラーレンズの中央付近のみを通り両側の隣接する縦長レンチキュラーレンズ面との境界部付近を通らないような形状に設計される。そして、その境界部付近には有限幅の凸形突起部 32P を設け、その上には光吸収帯 33 を設けている。

【0133】この光吸収帯 33 は、照明光などの外光が入射した場合、その外光の一部を反射せず吸収する機能を有しており、照明光などの外光があるときの画像のコントラストを向上させる効果がある。

【0134】一方、本実施例においては、前述のように、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光入射面 21 に設けられた横長レンチキュラーレンズによって、スクリーン画面垂直方向の指向特性を十分広げることができるので、第二のレンチキュラーレンズシート 30 の基材 30B の中には、従来の透過型スクリーンのレンチキュラーレンズシート 30' の場合と異なって、微粒子として光拡散材 6 が分散されていない。

【0135】したがって、前述のように、フレネルレンズシート 10 に入射した入射光束 140 は、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光入射面 21 の横長レンチキュラーレンズの形状により屈折してスクリーン画面垂直方向に拡散されたのち、第二のレンチキュラーレンズシート 30 を透過する際に光拡散材によってスクリーン画面垂直方向に拡散されることがないので、画像がぼやけることがなく、良好なフォーカス特性が得られる。

【0136】また、第二のレンチキュラーレンズシート 30 の光入射面 31 への入射光線が光出射面 32 に至る前に光拡散材 6 により散乱されて迷光を生じたりすることがないので、従来の透過型スクリーンに比較して画像の明るさ、及びコントラストが向上する。さらに、光出射面 32 に入射した外光が光拡散材 6 により散乱されたりすることもないので、従来の透過型スクリーンに比較して飛躍的に画像のコントラストが向上する効果がある。

【0137】次に、本実施例における、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の横長レンチキュラーレンズと、第二のレンチキュラーレンズシート 30 の縦長レンチキュラーレンズの設計例について、より具体的に以下に説明する。

【0138】図 6 は、各レンチキュラーレンズの非球面形状を定義するための座標系を示す。レンズの光軸方向を Z 軸とし、光束の進む方向を正 (+) の方向とする。Z 軸に垂直な半径方向の軸を R 軸とし、Z 軸からの径方向距離を r とする。このとき、レンズの面形状 (以下、サグ量という) $Z(r)$ を数 2 で定義する。

【0139】

【数 2】

$$Z(r) = \frac{r^2 / RD}{1 + \sqrt{1 - (1 + CC) \cdot r^2 / RD^2}} + AE \cdot r^4 + AF \cdot r^6 + AG \cdot r^8 + AH \cdot r^{10}$$

数 2

【0140】数 2 において、 r 、 $Z(r)$ は単位 mm で表すものとする。また、RD は曲率半径を表し、CC、

AE、AF、AG、AH は非球面係数である。数 2 では r の 10 次の項までしか示していないが、これに限定さ

れるわけではなく、数3に示すように、12次以上の偶数次の項についても同様に設定してもよい。

$$Z(r) = \frac{r^2/RD}{1 + \sqrt{1 - (1+CC) \cdot r^2/RD^2}} + AE \cdot r^4 + AF \cdot r^6 + AG \cdot r^8 + AH \cdot r^{10} + \dots + A_n \cdot r^{2n} \quad \text{数3}$$

【0142】ただし、nは任意の自然数、 A_n は2n次の項の非球面係数である。

【0143】ここで、R軸方向のレンチキュラーレンズの最大有効半径を r_{MAX} とし、レンチキュラーレンズの相対半径 ρ を、数4により定義する。

【0144】

【数4】

$$\rho = \frac{r}{r_{MAX}}$$

数4

【0145】さて、最初に、第二のレンチキュラーレンズシート30の縦長レンチキュラーレンズの設計例について説明する。

【0146】まず、水平観視角 α の拡大のための技術手段を図7と図8を用いて説明する。

【0147】図7は、図1における第二のレンチキュラーレンズシート30の水平方向断面図、図8は従来技術による一般的なレンチキュラーレンズシート30'の水平方向断面図である。

【0148】図8に示すように、光入射面31'の第一の縦長レンチキュラーレンズの形状が球面形状である場合、入射光束140（映像光線）のうち、光軸1、1'付近を通過する光線（図中 h_0 で高さを示す）と、光軸1、1'から離れた場所を通過する光線（図中 h_2 で高さを示す）と、では光入射面31'での屈折力が異なり、光出射面32'付近での結像位置が異なる。すなわち、光軸1、1'から離れた場所を通過する光線による結像位置の方が、光軸1、1'付近を通過する光線による結像位置より光入射面31'に近づく。

【0149】これを一般には縦球面収差と呼ぶ。そこで、前述のような、光軸1、1'から離れた場所を通過する光線による結像位置の方が、光軸1、1'付近を通過する光線による結像位置より光入射面31'に近づく場合を、以下「正の縦球面収差」と呼び、その逆に、光軸1、1'付近を通過する光線による結像位置の方が、光軸1、1'から離れた場所を通過する光線による結像位置より光入射面31'に近づく場合を、以下「負の縦

球面収差」と呼ぶこととする。

【0150】さて、本実施例においては、光入射面31の形状は、図8に示したような球面形状ではなく、図7に示すような形状となっている。すなわち、光軸1、1'付近を通過する光線による結像位置の方が、光軸1、1'から離れた場所を通過する光線による結像位置より光入射面31に近づく（つまり、負の縦球面収差）、かつ、光軸1、1'付近を通過する光線による結像位置が光出射面32の近傍となるようなレンズ形状である。さらに、光出射面32の形状が画像観視側に凸の形状となっている。

【0151】光入射面31、光出射面32の形状をこのような形状にすると、光軸1、1'から離れた場所を通過する光線は、光出射面32に臨界角に近い角度で入射するため、映像光線は光出射面32において大きく屈折する。このため、従来技術のレンチキュラーレンズシート30'に比べて水平観視角 α を大幅に拡大できる。

【0152】次に、カラーシフトの低減のための技術手段を図9を用いて説明する。

【0153】前述のように、赤または、青色映像光は、図9に示すように第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31に入射光束140として斜め方向から入射する。したがって、カラーシフト低減のためには、この入射光束140のほぼ中心に位置する映像光線Aが光出射面32で屈折した後、光軸1、1'にはほぼ平行となるようにする必要がある。

【0154】そこで、本実施例では、光入射面31、光出射面32の形状を、入射光束140のほぼ中心に位置する映像光線Aが光出射面32で屈折後、光軸1、1'にはほぼ平行に出射されるようなレンズ形状としている。

【0155】さて、表1に、水平観視角 α の拡大とカラーシフトの低減を図った光入射面31、光出射面32のレンズ形状の第一の設計例について、数2における曲率半径と非球面係数、面間隔、屈折率、有効半径を示す。

【0156】

【表1】

表 1

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.28845	-0.20961
非球面係数	CC	-0.954	-0.400
	AE	5.2	-0.156
	AF	-75.0	9.045
	AG	1211.0	12000.0
	AH	-5653.0	1200000.0
有効半径	P/2	0.365	0.159
面間隔	t	0.88	
屈折率		1.493	

【0157】表1において、光入射面31（表中では S_0 で表示）の曲率半径が0.28845mmであり、光入射面31から光出射面32（表中では S_1 で表示）までの光軸1、1'上の距離（面間隔）が0.88mm、その間の媒質の屈折率が1.493であることが示されている。

【0158】曲率半径の符号が正（+）の場合は、そのレンズ面の曲率中心が、レンズ面より、光入射面から光出射面に向かう方向に位置することを示す。

【0159】図10は表1のレンズ形状のデータに対応した第二のレンチキュラーレンズシート30の水平指向特性を示す特性図であり、図11は同じく表1のレンズ形状のデータに対応した第二のレンチキュラーレンズシート30の赤または青色映像光についての水平指向特性を示す特性図である。

【0160】図10に示すように、水平観視角 α は±67度で従来技術の透過型スクリーンに比べ大幅に拡大した。また、画面正面方向の輝度に対し、輝度が50%となる方向は、画面正面方向から±42度の方向であり、実用上十分な性能を得ている。さらにカラーシフトについても、図11に示すように、従来技術の透過型スクリーンに比べ半減した。

【0161】図12は第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面の形状に関するレンズ作用の変化について、表1のレンズ形状のデータに対応したスクリーンと従来技術のスクリーンとで比較して示した特性図である。

【0162】図12において、縦軸は第一の縦長レンチキュラーレンズの形状を規定する数2の $Z(r)$ の2次微分であり、横軸はレンズ有効半径 $P/2$ を基準（1）とする半径方向距離の相対値（相対半径）である。そして、実線1は従来技術のスクリーンの特性を、破線2は表1のレンズ形状のデータに対応したスクリーンの特性を、それぞれ示している。

【0163】この2次微分の値の増減を見ることによ

り、レンズの半径方向の各位置によるレンズ作用の変化がわかる。すなわち、本実施例の光入射面のレンズ形状（映像光源側に凸）は、破線2で示すように、この2次微分値が光軸1、1'から離れるに従い負となる。このため、レンズ作用が弱まる形状となっている。一方、従来技術の光入射面のレンズ形状（映像光源側に凸）は、実線1に示すように、この2次微分値が光軸1、1'から離れるに従い正となる。このため、レンズ作用が強まる形状となっている。

【0164】図13は第二のレンチキュラーレンズシート30の光出射面の形状に関するレンズ作用の変化について、表1のレンズ形状のデータに対応したスクリーンと従来技術のスクリーンとで比較して示した特性図である。

【0165】図13において、縦軸は第二の縦長レンチキュラーレンズの形状を規定する数2の $Z(r)$ の2次微分であり、横軸はレンズ有効半径 $P/2$ を基準（1）とした半径方向距離の相対値（相対半径）である。そして、実線1は従来技術のスクリーンの特性を、破線2は表1のレンズ形状のデータに対応したスクリーンの特性を、それぞれ示している。

【0166】本実施例の光出射面のレンズ形状（観視側に凸）は、破線2で示すように、2次微分値が光軸1、1'から離れるに従い正となる。このため、レンズ作用（集光作用）が弱まる形状となっている。一方、従来技術の光出射面のレンズ形状（観視側に凸）は、実線1に示すように、この2次微分値が光軸1、1'から離れる場所においても負の一定値となっている。このため、レンズ作用（集光作用）が変化しない形状となっている。

【0167】表2に、水平観視角 α の拡大とカラーシフトの低減を図った光入射面31、光出射面32のレンズ形状の第二の設計例について、数2における曲率半径と非球面係数、面間隔、屈折率、有効半径を示す。

【0168】

【表2】

表 2

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.2885	-0.2100
非球面係数	CC	-0.954	-3.669
	AE	5.200	-0.156
	AF	-75.00	9.044
	AG	1211.0	1843.0
	AH	-5653.0	230640
有効半径	P/2	0.365	0.159
面間隔	t	0.88	
屈折率		1.49	

【0169】また、図14は表2のレンズ形状のデータに対応した第二のレンチキュラーレンズシート30の水平指向特性を示す特性図であり、図15は同じく表2のレンズ形状のデータに対応した第二のレンチキュラーレンズシート30の赤または青色映像光についての水平指向特性を示す特性図である。

【0170】図14、図15に示すように、この第二の設計例によっても、従来技術の透過型スクリーンと同等

以下のカラーシフトで、水平観視範囲を±68度と従来技術の透過型スクリーンに比べ大幅に拡大できる。

【0171】第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31と光出射面32のレンズ形状の第三の設計例を、表3に示す。

【0172】

【表3】

表 3

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.3240	-0.1995
非球面係数	CC	-0.9240	-1.1114
	AE	5.1236	0.0
	AF	-75.415	0.0
	AG	1210.8	0.0
	AH	-5607.5	0.0
有効半径	P/2	0.365	0.136
面間隔	t	0.879	
屈折率		1.517	

【0173】図16は、表3の設計例による第二のレンチキュラーレンズシート30に、緑色の平行光束が入射した場合の光線追跡図である。表3の設計例では、カットオフを無くすため、図16に示すように、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの、相対半径1.0に近い部分（光軸から離れた部分）の曲率を小さくし、入射する平行光束の周辺部分の光を拡散させている。

【0174】図17は、表3のレンズ形状のデータに対応した第二のレンチキュラーレンズシート30の、赤、緑、青の各色の映像光についての水平指向特性を示す特性図である。

【0175】なお、図17では、光線集中角を10°としている。

【0176】図17に示すように、光入射面31の第一

の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状を高次の非球面とすることによって、従来技術によって断面形状を楕円とした場合に比べ、設計上は大幅にカラーシフトを低減できる。例えば、観視角度30°でのカラーシフトは1.1dBである。また、この指向特性にはカットオフによる急激な輝度の低下がない点でも、水平方向断面形状を楕円とした場合より優れているという効果がある。

【0177】さて、上記の各設計例による第二のレンチキュラーレンズシート30は、1000本以上の微細な縦長レンチキュラーレンズを樹脂の押出し成形法によって形成することになる。例えば、透過型スクリーンの画面サイズがスクリーン画面水平方向に800mmであり、1つの縦長レンチキュラーレンズのピッチが0.73mmであるとき、1枚の第二のレンチキュラーレンズ

シート 30 の光入射面 31 及び光出射面 32 に、それぞれ約 1200 本の縦長レンチキュラーレンズを形成することになる。そのため、上記の各設計例について所期の性能を得るためには、個々の縦長レンチキュラーレンズの断面形状において、ロール金型の加工条件や成形条件などによって生じる形状のばらつきを抑えるよう、高精度な成形をする必要がある。

【0178】断面形状の誤差による指向特性の劣化について、表 3 に示した上記の第三の設計例を例にとりて以下に説明する。

【0179】図 18 に、表 3 に示した第三の設計例に基づき、第二のレンチキュラーレンズシート 30 を実際に試作し、図 1 に示すような構成の透過型スクリーンとして、赤、緑、青の各色の映像光についての水平指向特性を測定した結果を示す。なお、図 18 の水平指向特性は、集中角を 10° としている。

【0180】図 18 に示すように、第二のレンチキュラーレンズシート 30 を実際に試作した場合、その指向特性は、カラーシフトが観視角度 30° で 2.1 dB になり、図 17 に示した計算値の倍近くになっている。さらに、赤色光の観視角度 -32° の位置と、青色光の観視角度 43° の位置に、観視輝度が急激に高くなる特異点（以下、観視輝度の特異点という）が生じており、画面に赤色と青色の縦の縞が発生してしまい、実用上問題のあるものとなった。

【0181】図 19 に、試作した第二のレンチキュラーレンズシート 30 の光入射面 31 の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状の測定形状（31M）を、設計形状（31D）と比較して示す。

【0182】図 19 に示すように、試作した第二のレンチキュラーレンズシート 30 の水平方向断面形状は、設計値に対して、歪（形状誤差）が発生している。例えば、光入射面 31 の第一の縦長レンチキュラーレンズの相対半径 r が 1.0 の位置では、設計値のサグ量は約 0.28 mm であり、測定値のサグ量も設計値のサグ量とほとんど同じになっているが、相対半径 r が 0.7 近辺の位置では、測定値のサグ量が設計値のサグ量に対して小さくなり、縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状はふくらんだ形状となっている。

【0183】図 20 は、光入射面 31 の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状について、設計値のサグ量を基準としたときの、試作品の測定値のサグ量の歪の大きさの分布を示す特性図である。試作品の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状の歪は、相対半径 r がほぼ 0.7 で最大となり、その大きさは 0.008 mm であった。

【0184】このような縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状の成形上の歪の問題は、現在の製造技術では完全には解決されておらず、特に量産時においては、設計形状に対して、Z 軸方向に 0.01 mm 程度の

サグ量の誤差が生じてしまうことがある。しかしながら、製造技術の高精度化によりほぼ設計通りの形状を実現できるようになれば、前述の各設計例のような設計通りの特性が得られることになる。

【0185】ここで、光入射面 31 の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状に多少の歪が生じて、特性の劣化が少ない設計例について説明する。

【0186】指向特性にカットオフがなく、カラーシフトが少なく、しかも、縦長レンチキュラーレンズの断面形状に成形時に歪が生じた場合でも、観視輝度の特異点の生じることのない透過型スクリーンを設計するため、本発明者らは、まず、従来のレンチキュラーレンズシートの縦長レンチキュラーレンズの断面形状をいくつか測定し、指向特性との関連を分析した。その結果、光出射面の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の、設計形状に対する歪は、光出射面の縦長レンチキュラーレンズの有効幅が小さく、また形状がゆるやかであるため、ほとんど発生していないことがわかった。

【0187】一方、光入射面の縦長レンチキュラーレンズの断面形状については、前述の試作した第二のレンチキュラーレンズシート 30 にて発生した図 20 に示す歪と同じ傾向の歪が多く発生していた。

【0188】そこで、第二のレンチキュラーレンズシート 30 の光入射面 31 の第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状に関して、特に、図 20 のタイプの歪が発生した場合に観視輝度の特異点が表れないことを主眼にし、光入射面 31 の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の 2 次微分値に着眼した。ここで、縦長レンチキュラーレンズの断面形状の 2 次微分値は、縦長レンチキュラーレンズの各相対半径での曲率を近似的に表すもので、例えば、放物線の 2 次微分値は相対半径の位置にかかわらず一定の値となる。

【0189】図 21 に、光入射面 31 の第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状を図 110 に示した楕円とした場合の断面形状の 2 次微分値と、同じく、レンズの中心で上記楕円と同じ曲率を持つような放物線とした場合の断面形状の 2 次微分値とを比較して示す。また、同図において、断面形状を上記放物線にした縦長レンチキュラーレンズに、図 20 に示す歪が発生したと仮定した場合の断面形状の 2 次微分値も併せて示す。

【0190】図 21 に示すように、図 20 に示す歪が第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状に発生した場合、その時の 2 次微分値は、相対半径 ρ が 0.55 ～ 0.75 の部分で、もとの断面形状の 2 次微分値より特に大きくなる。

【0191】ここで、相対半径 ρ が 0.55 から 0.75 の部分で、図 21 に示す楕円にした場合の断面形状の 2 次微分値に対して、大きな 2 次微分値を持つような縦長レンチキュラーレンズの断面形状の場合は、歪が発生したときに、その相対半径 ρ が 0.55 から 0.75 の

部分で、その断面形状の曲率が楕円の場合の曲率よりもきつくなり、入射光束の焦点距離が短くなるため、観視輝度の急激に大きくなる特異点が発生しやすくなることがわかった。

【0192】上記の分析結果を踏まえ、本発明では、前述の関数 $Z(r)$ の r についての2次微分関数を $Z''(r)$ 、図110に示した楕円形状の関数 $G(r)$ の r についての2次微分関数を $G''(r)$ とした場合において、2次微分関数 $Z''(r)$ に対し、2次微分関数 $G''(r)$ に関する条件を加えることとした。

【0193】ここで、 $G(r)$ は、数5で与えられる。

【0194】

【数5】

$$G(r) = \sqrt{a^2 - \frac{r^2}{1-e^2}}$$

数5

【0195】ただし、楕円の離心率 e 、定数 a は、屈折率を N 、光入射面と光出射面の面間隔を T としたとき、それぞれ数6、数7で与えられる。

【0196】

【数6】 $e = 1/N$

【0197】

【数7】 $a = T / (1 + e)$

さて、2次微分関数 $Z''(r)$ に加える条件について述べる。

【0198】図20のタイプの歪が発生した場合に、 $Z(r)$ の2次微分値が大きくなる相対半径 ρ が0.55から0.75の範囲では、2次微分関数 $Z''(r)$ に、2次微分関数 $G''(r)$ に対して、数5の条件を新たに加える。

【0199】

【数8】 $0.85 G''(r) \leq Z''(r) \leq 1.15 G''(r)$

この条件のもとでレンズ形状の最適化を行ったときは、歪が発生した場合にも観視輝度の急激に大きくなる特異点が発生しない。

【0200】即ち、 $Z''(r)$ が $1.15 G''(r)$ よりも大きくなると、縦長レンチキュラーレンズの断面形状に最大値が0.01mmの歪が発生した場合、赤色光及び青色光の観視角度のそれぞれ -35° 、 35° 近辺に、輝度の急激に大きくなる特異点が発生する。

【0201】また、 $Z''(r)$ が $0.85 G''(r)$ よ

りも小さい場合は、観視角度 30° 近辺のカラーシフトが、断面形状を楕円とした縦長レンチキュラーレンズよりも大きくなり、高次非球面を使用するメリットが薄れてしまう。

【0202】また、上記条件を満たす形状で、従来の断面形状を楕円とした縦長レンチキュラーレンズの問題の1つであったカットオフをなくすためには、光出射面の縦長レンチキュラーレンズに入射する光束を一点にしぼり込むのではなく、図16に示すように、入射光束の周辺部で外側に広げる形にすることが有効である。そこで、相対半径 ρ が0.95以上の範囲で、2次微分関数 $Z''(r)$ が2次微分関数 $G''(r)$ に対して、数9または数10で与えられる条件を付加する。

【0203】

【数9】 $Z''(r) \leq 0.6 G''(r)$

【0204】

【数10】 $Z''(r) \leq Z''(0)$

このいずれかの条件を満たすことによりカットオフがなくなり、指向特性は観視角度が大きくなってもゆるやかに低下する。

【0205】以上の条件を満たすように、第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の最適化を行なうことにより、カットオフがなく、カラーシフトが少なく、かつ縦長レンチキュラーレンズの断面形状に歪が発生した場合にも、観視輝度の特異点のない透過型スクリーンを実現することができる。

【0206】第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズとして、上記の特徴を有する高次の非球面形状を断面形状とする縦長レンチキュラーレンズを採用することにより、第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状に最大0.01mmの歪が生じた場合でも、観視輝度の特異点が発生しなくなる効果がある。また、従来の、断面形状を楕円とした縦長レンチキュラーレンズに比べ、カラーシフトの少ない、かつ、カットオフがなく輝度の急激な変化の少ない指向特性を得ることができる。

【0207】表4に、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31と光出射面32のレンズ形状の第四の設計例を示す。

【0208】

【表4】

表 4

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.25445	-0.1975
非球面係数	CC	-0.86361	-0.50
	AE	-0.98869	0.0
	AF	-7.23889	0.0
	AG	136.021	0.0
	AH	-886.684	0.0
有効半径	P/2	0.365	0.136
面間隔	t	0.867	
屈折率		1.517	

【0209】図22は、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状を図110に示した楕円とした場合の断面形状の2次微分値と、同じく、表4の設計例の場合の断面形状の2次微分値とを比較して示した特性図である。

【0210】第二のレンチキュラーレンズシート30における光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状として表4の設計例の非球面とすると、その縦長レンチキュラーレンズの断面形状の2次微分値は、図22に示すように、次の条件式を満足している。

【0211】すなわち、非球面に関する2次微分関数 $Z''(r)$ が、楕円に関する2次微分関数 $G''(r)$ に対し、(1) 相対半径 ρ が $0.55 \leq \rho \leq 0.75$ の位置では、

【0212】

【数8】 $0.85G''(r) \leq Z''(r) \leq 1.15G''(r)$

なる式を満足し、かつ、(2) 相対半径 ρ が $0.95 \leq \rho \leq 1.0$ の位置では、

【0213】

【数9】 $Z''(r) \leq 0.6G''(r)$

なる式を満足している。

【0214】図23は、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状を表4の設計例の非球面とした第二のレンチキュラーレンズシート30を

有する、透過型スクリーンのスクリーン画面水平方向の光の指向特性の計算値を示す特性図である。なお、同図では、集中角を 10° としている。

【0215】図23に示すように、水平指向特性において、観視角度 30° でのカラーシフトは1.0dBになり、従来の、断面形状を楕円とした縦長レンチキュラーレンズよりもカラーシフトが少なく、かつカットオフのないものになっている。

【0216】また、図24は、断面形状を表4の設計例の非球面とした光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズに、前記の図20に示した歪が発生した場合の、透過型スクリーンの水平指向特性の計算値を示す特性図である。

【0217】図23に示すように、第四の設計例における第二のレンチキュラーレンズシート30によれば、歪が発生した状態でも、輝度が急激に大きくなる特異点が存在しない。

【0218】表5に、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31と光出射面32のレンズ形状の第五の設計例を示す。この設計例も、第四の設計例と同様に、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状に多少の歪が生じても、特性の低下が少ない設計例となっている。

【0219】

【表5】

表 5

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.2667	-0.1951
非球面係数	CC	-1.0456	-0.8450
	AE	4.6314	0.0
	AF	-108.74	0.0
	AG	1621.9	0.0
	AH	-7146.2	0.0
有効半径	P/2	0.365	0.136
面間隔	t	0.879	
屈折率		1.517	

【0220】図25は、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状を図110に示した楕円とした場合の断面形状の2次微分値と、同じく、表5の設計例の場合の断面形状の2次微分値とを比較して示した特性図である。

【0221】第二のレンチキュラーレンズシート30における光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状として表5の設計例の非球面とすると、その縦長レンチキュラーレンズの断面形状の2次微分値は、図25に示すように、次の条件式を満足している。

【0222】すなわち、非球面に関する2次微分関数 $Z''(r)$ が、楕円に関する2次微分関数 $G''(r)$ に対し、(1) 相対半径 ρ が $0.55 \leq \rho \leq 0.75$ の位置では、

【0223】

【数8】 $0.85 G''(r) \leq Z''(r) \leq 1.15 G''(r)$

なる式を満足し、かつ、(2) 相対半径 ρ が $0.95 \leq \rho \leq 1.0$ の位置では、

【0224】

【数10】 $Z''(r) \leq Z''(0)$

なる式を満足している。

【0225】図26は、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの水平方向断面形状を表5の設計例の非球面とした第二のレンチキュラーレンズシート30を有する、透過型スクリーンのスクリーン画面水平方向の光の指向特性の計算値を示す特性図である。なお、同図では、集中角を 10° としている。

【0226】図26に示すように、水平指向特性において、観視角度 30° でのカラーシフトは 2.0 dB になり、従来の、断面形状を楕円とした縦長レンチキュラーレンズと同じレベルのカラーシフトで、かつカットオフのないものになっている。

【0227】さらに、観視角度 0° から 50° にかけてのカラーシフトが、常に 2.1 dB 以下であり、観視角

度範囲全域においてカラーシフトが小さい特性になっている。

【0228】また、図27は、断面形状を表5の設計例の非球面とした光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズに、前記の図20に示した歪が発生した場合の、透過型スクリーンの水平指向特性の計算値を示す特性図である。

【0229】図27に示すように、第五の設計例における第二のレンチキュラーレンズシート30によれば、歪が発生した状態でも、輝度が急激に大きくなる特異点が存在しない。さらに、観視角度 0° から 50° にかけてのカラーシフトが、歪が発生した状態でも、常に 2.0 dB 以下に収まっている。

【0230】この第五の設計例の第二のレンチキュラーレンズシート30を用いた透過型スクリーンによれば、観視角度範囲全域において歪に強くカットオフがなく、かつカラーシフトの小さい指向特性を得ることができる。

【0231】以上に例示した縦長レンチキュラーレンズの設計例は、後述の本発明の各実施例における第二のレンチキュラーレンズシート30にも適用できることは言うまでもない。

【0232】以上で第二のレンチキュラーレンズシート30の縦長レンチキュラーレンズの設計例についての説明を終わり、次に第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズの設計例について説明する。

【0233】初めに、垂直観視角 β の拡大のための技術手段を図28を用いて説明する。

【0234】図28は、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズのレンズ作用による、入射光束140のスクリーン画面垂直方向への拡散機能を説明するための説明図である。

【0235】ただし、図28は、後述の第八の実施例におけるフレネルレンズシート10の断面図となっているが、横長レンチキュラーレンズのレンズ作用による光束

の拡散については本実施例の場合と全く同じであるので、図28を用いて第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズのレンズ作用について説明する。

【0236】図28に示すように、入射光束140の各光線は、光入射面11に設けたレンズ面 S_0 に入射して、屈折したのち、それぞれ各焦点（図中では f_1 、 f_0 ）で集光し、その後、発散しながら光出射面12のレンズ面 S_1 に向かい、入射光束は全体的に拡散されることになる。

【0237】よって、このような拡散機能を持たせるために、本実施例においては、光軸1、1'近傍のレンズ形状（映像光源側に凸）を弱い凸形状とすることにより、そのレンズ作用（集光作用）を弱くし、光軸1、1'から離れるに従い、前記凸形状が強くなる形状とすることにより、そのレンズ作用を強くしている。

【0238】すなわち、言い替えば、光軸1、1'近傍のレンズ作用による焦点距離 l_0 に比べ、光軸1、1'から離れた部分のレンズ作用による焦点距離 l_1 を

短くしている。

【0239】たとえば、距離 l_0 と距離 l_1 とが、

【0240】

【数11】 $l_0 \geq 2 \cdot l_1$

のような条件を満たすのが好ましい。

【0241】このとき、光入射面11に設けたレンズ面 S_0 での屈折力が光軸1、1'から離れるに従い強くなり、この部分を通過する拡散光束141は、光軸1、1'近傍を通過する光束142に比べて、より大きく屈折し、広い垂直指向特性が実現できる。

【0242】表6は、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズの設計例について、数2における曲率半径と非球面係数、面間隔、屈折率、有効半径を示したものである。光出射面22の曲率半径が ∞ となっているのは、光出射面22が平面であることを示している。

【0243】

【表6】

表 6

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	R D	0.105	∞
非球面係数	C C	5.82	0.0
	A E	0.0	0.0
	A F	0.0	0.0
	A G	0.0	0.0
	A H	0.0	0.0
有効半径	P / 2	0.04	—
面間隔	t	2.0	
屈折率		1.570	

【0244】また、図29は、表6の横長レンチキュラーレンズの設計例の概略の形状を示す垂直方向断面図である。

【0245】ただし、図29は、後述の第八の実施例におけるフレネルレンズシート10の断面図となっているが、横長レンチキュラーレンズのレンズ作用による光束の拡散については本実施例の場合と全く同じであるので、図29を用いて第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズの設計例の概略の形状について説明する。

【0246】表6において、光入射面21のレンズ面 S_0 は、図29に示すように、画像表示源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズ面であり、その曲率半径が0.105mmであり、レンズ面 S_0 から光出射面22のレンズ面 S_1 までの光軸上の距離（面間隔） t が2.0mmであり、その間の媒質の屈折率が1.570であることが示されている。

【0247】曲率半径の符号が正の場合は、そのレンズ面の曲率中心が、レンズ面より、光入射面から光出射面に向かう方向に位置することを示す。

【0248】レンズ面 S_0 の有効半径（ $P/2$ ）が0.04mmとなっているのは、レンズ面 S_0 において数2の $Z(r)$ が、 $0 \leq r \leq 0.04$ の範囲の径方向距離 r に対して定義されることを示す。

【0249】また、図30は、表6の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す図である。

【0250】図30に示すように、スクリーン画面垂直方向には、画面正面方向から上下に $\pm 68^\circ$ まで画像が観視できる。また、画面正面方向の輝度に対し、輝度が50%となる方向は、画面正面方向から上下に $\pm 10^\circ$ の方向であり、実用上十分な性能を得ている。

【0251】図31は第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズの形

状に関するレンズ作用の変化について、本実施例の透過型スクリーンの横長レンチキュラーレンズと従来技術の透過型スクリーンのフレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズとで比較して示した特性図である。

【0252】図31において、縦軸は横長レンチキュラーレンズの形状を規定する数2の $Z(r)$ の2次微分であり、横軸はレンズ有効半径 $P/2$ を基準(1)としたときの、光軸からの半径方向距離の相対値(相対半径)である。そして、実線1は従来技術の横長レンチキュラーレンズの特性を、破線2は表6のレンズ形状のデータに対応した横長レンチキュラーレンズの特性を、それぞれ示している。一点鎖線3については後述する。

【0253】前述のように、この2次微分の値の増減を見ることによりレンズの半径方向の各位置によるレンズ作用の変化がわかる。すなわち、本実施例の横長レンチキュラーレンズにおいては、破線2で示すように、レンズ形状(映像光源側に凸)の2次微分値が光軸1、1'から離れるに従い、符号が正のまま大きくなる。このため、レンズ作用が強まる形状となっている。一方、従来技術のレンズ形状(映像光源側に凸)は、実線1に示すように、この2次微分値が正ではあるが、光軸1、1'から離れても値が増加しない。このため、レンズ作用が変化しない形状となっている。

【0254】さて、本発明の透過型スクリーンでは、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズによるスクリーン画面垂直方向の光拡散の指向特性が、画面に生ずるモアレの強度を決定する要因の一つとなる。上記の横長レンチキュラーレンズの設計例によれば、スクリーン画面垂直方向の指向特性は、モアレ軽減にとって、非常に良好なものとなる。以下、これについて説明する。

【0255】第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズによる投写画像光の拡散の状態は、図29に示したようになっている。

【0256】すなわち、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21に入射した光束は、前述のように、光入射面21の横長レンチキュラーレンズの形状によって第一のレンチキュラーレンズシート20内の焦点で一旦集束するが、その後、発散して光出射面22に至る。このとき、画像発生源の各画素に対応した画像光は、それぞれ、一定範囲内で拡散される。

【0257】この拡散の範囲は非常に広く、垂直指向特性としては図30に示したように裾広がり特性となるため、光出射面22におけるスクリーン画面垂直方向の輝度分布は、それぞれの拡散が加算されることにより、図121の実線1で示したような分布となる。すなわち、光出射面22におけるスクリーン画面垂直方向において、相対輝度の低い部分と相対輝度の高い部分とが交互に並んで、モアレの原因となる明暗線を生じても、そ

の輝度差は非常に小さなものであるため、モアレの強度も非常に小さくなる。

【0258】このように、本実施例では、明暗線の輝度差が小さくなることから、モアレを大幅に軽減することができる。

【0259】なお、後述の本発明の他の実施例においても、横長レンチキュラーレンズの画面垂直方向の断面形状を本実施例と同様な形状とすることにより、スクリーン画面垂直方向の指向特性として広い指向特性の透過型スクリーンを実現でき、さらに、モアレの軽減について、上記と同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0260】以上のように、本実施例においては、第二のレンチキュラーレンズシート30の基材の中の光拡散材6をなくし、シート厚さの薄い第一のレンチキュラーレンズシート20を新たに構成要素として加え、フレネルレンズシート10の光入射面11の形状を平面とすることにより、画像のフォーカス特性、明るさ、及びコントラストをともに向上させるとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大でき、さらにモアレ、カラーシフトを低減できる効果がある。

【0261】なお、本実施例において、図1に示した第一のレンチキュラーレンズシート20は、光入射面21に、横長レンチキュラーレンズを複数配列する構成となっているが、横長レンチキュラーレンズを配列する面は光入射面21に限定されるものではない。以下、これについて説明する。

【0262】図32及び図33は、それぞれ、本実施例の第一、第二の変形例の透過型スクリーン1の第一のレンチキュラーレンズシート20として、他の構成の第一のレンチキュラーレンズシート20を用いたときの透過型スクリーン1の要部を示す斜視図である。

【0263】図32に示す第一の変形例の第一のレンチキュラーレンズシート20では、光出射面22に、横長レンチキュラーレンズを複数配列する構成となっている。このような構成としても、図1に示した第一のレンチキュラーレンズシート20と同様の効果が得られる。

【0264】一方、図33に示す第二の変形例の第一のレンチキュラーレンズシート20では、光入射面21と光出射面22の両方に、横長レンチキュラーレンズを複数配列する構成となっている。このような構成としても、図1に示した第一のレンチキュラーレンズシート20と同様の効果が得られるほか、さらに、光入射面21と光出射面22の両面に横長レンチキュラーレンズがあることから、スクリーン画面垂直方向の指向特性をより拡大することができる効果がある。

【0265】また、本実施例において、図1に示した第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21には、横長レンチキュラーレンズとして、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズを複数配列してい

るが、横長レンチキュラーレンズの形状はこれに限定されるものではない。以下、これについて説明する。

【0266】図34及び図35は、それぞれ、本実施例の第三、第四の変形例の透過型スクリーン1の第一のレンチキュラーレンズシート20として、光入射面21に、横長レンチキュラーレンズとして他の形状の横長レンチキュラーレンズを配列したときの透過型スクリーン1の要部を示す斜視図である。

【0267】図34に示す第三の変形例では、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21に、横長レンチキュラーレンズとして、画像発生源側に凹形をなす凹形レンチキュラーレンズを複数配列している。このような形状としても、図1に示した形状の横長レンチキュラーレンズと同様の効果が得られる。

【0268】一方、図35に示す第四の変形例では、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21に、横長レンチキュラーレンズとして、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形をなす凹形レンチキュラーレンズとを、交互に連続して複数配列している。

【0269】図36は、図35の透過型スクリーン1の垂直断面を示す断面図であり、140は入射光束である。

【0270】図36に示すように、フレネルレンズシート10に入射した入射光束140は、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズの形状により屈折してスクリーン画面垂直方向に拡散された後は、スクリーン画面垂直方向に拡散されることがないため、画像観視側から見たときの入射光束140に対する出射光束のスクリーン画面垂直方向の幅dは、前述の図4の透過型スクリーン1の場合と同様、概ねフレネルレンズシート10の光出射面12に現れる光束の幅で認識されることになり、良好なフォーカス特性が得られる効果がある。

【0271】図35に示したような形状の横長レンチキュラーレンズでは、上記のフォーカス特性のほかにも、図1に示した形状の横長レンチキュラーレンズと同様の効果が得られる。

【0272】このほか、さらに、図35に示したような形状の横長レンチキュラーレンズでは、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大するために横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくしたときに、隣接するレンチキュラーレンズ相互間の境界部の形状として、レンズ面が鋭い交差角で交差することがなく、したがって、製造時に成形用金型によって成形しようとした場合、横長レンチキュラーレンズの上記の境界部の形状をほぼ完全に再現でき、スクリーンの成形性が良好となる効果がある。以下、これについて説明する。

【0273】図37は、従来の透過型スクリーンにおけるフレネルレンズシート10、及び図1、図35の透過

型スクリーンにおける第一のレンチキュラーレンズシート20の垂直断面を示す概略断面図である。

【0274】図37において、(a)は図107に示した従来の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10を、(b)は図1に示した第一の実施例の透過型スクリーン1の第一のレンチキュラーレンズシート20を、(c)は図35に示す第一の実施例の透過型スクリーンの第四の変形例の第一のレンチキュラーレンズシート20を、それぞれ示している。なお、図37(a)においては、簡単のため、光出射面12のフレネル凸レンズを省略して示してある。

【0275】従来の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10、及び第一の実施例の透過型スクリーン1の第一のレンチキュラーレンズシート20においては、それぞれ、図37(a)、(b)に示すように、光入射面11または光入射面21の横長レンチキュラーレンズとして画像発生源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズのみを用い、それらを連続して、複数配列した形状としている。このうち、従来の透過型スクリーン1では、図37(a)に示すように、横長レンチキュラーレンズは曲率半径が大きく平面に近い形状となっている。一方、第一の実施例の透過型スクリーン1では、図37(b)に示すように、非球面形状の設計によっては、横長レンチキュラーレンズは曲率半径が小さくなり、隣接するレンチキュラーレンズ相互間の境界部の形状として、レンズ面の交差角が鋭くなってしまう。しかも、横長レンチキュラーレンズのピッチは0.08ないし0.1mm程度と微細であるため、このような形状となった横長レンチキュラーレンズを成形用金型によって成形しようとする、その成形用金型における上記の境界部に対応する部分が、部分的に丸みを帯びたり、くずれを生じたりしやすくなり、その結果、横長レンチキュラーレンズの上記の境界部の形状が完全には再現されにくくなり、スクリーンの成形性が悪くなってしまうことがある。

【0276】これに対し、第一の実施例の第四の変形例の透過型スクリーン1では、図37(c)に示すように、横長レンチキュラーレンズとして画像発生源側に凸形となる凸形レンチキュラーレンズと凹形を成す凹形レンチキュラーレンズとを用い、その両者を交互に連続して複数配列した形状としている。したがって、横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくしても、隣接するレンチキュラーレンズ相互間の境界部の形状として、レンズ面が鋭い交差角で交差することがなく、したがって、成形用金型によって成形しようとした場合、横長レンチキュラーレンズの上記の境界部の形状をほぼ完全に再現でき、スクリーンの成形性は良好となる効果がある。

【0277】しかも、上記の第四の変形例における横長レンチキュラーレンズの曲率半径を第一の実施例におけ

る横長レンチキュラーレンズの曲率半径とほぼ同様とすれば、第四の変形例の透過型スクリーン 1 におけるスクリーン画面垂直方向の指向特性は、前述の第一の実施例の場合とほぼ同等となる。

【0278】図38は、従来の透過型スクリーン 1、第一の実施例の透過型スクリーン 1、及び第一の実施例の第四の変形例の透過型スクリーン 1 のスクリーン画面垂直方向の指向特性の概略を示す特性図であり、横軸は垂直観視角、縦軸は相対輝度を示している。

【0279】図38において、Aは、図37(a)に示す横長レンチキュラーレンズを用いた従来の透過型スクリーンの指向特性であり、Bは、図37(b)に示す横長レンチキュラーレンズを用いた第一の実施例の指向特性及び図37(c)に示す横長レンチキュラーレンズを用いた上記の第四の変形例の指向特性である。また、Aについては、レンチキュラーレンズシート 30' の基材中の光拡散材を仮になくした場合の指向特性である。

【0280】すなわち、図37(c)に示す横長レンチキュラーレンズを用いた第一の実施例の変形例の指向特性は、図37(b)に示す横長レンチキュラーレンズを用いた第一の実施例の指向特性と同様、図38のBに示

するような広い指向特性となる。

【0281】なお、第一の実施例の変形例における第一のレンチキュラーレンズシート 20 の横長レンチキュラーレンズのピッチを、モアレを低減できるように設定する場合、横長レンチキュラーレンズのピッチとして、画像発生源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形となる凹形レンチキュラーレンズとを 1 対として、1 ピッチと考える必要がある。

【0282】次に、第一の実施例の第四の変形例における、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の設計例について説明する。

【0283】表7は、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光入射面 21 の横長レンチキュラーレンズの設計例を示したものである。ただし、光入射面 21 の横長レンチキュラーレンズは、画像表示源側に凹形を成す凹形レンチキュラーレンズと画像表示源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズのそれぞれについて、数2における曲率半径と非球面係数、有効半径を示している。光出射面 22 は平面である。

【0284】

【表7】

表 7

レンズ面		光入射面		光出射面
		S ₀		
		S _{0,1}	S _{0,2}	S ₁
曲率半径	RD	-0.065625	0.065625	∞
非球面係数	CC	5.82	5.82	0
	AE	0	0	0
	AF	0	0	0
	AG	0	0	0
	AH	0	0	0
有効半径	P/2	0.025	0.025	——
面間隔		t	0.5	
屈折率		1.517		

【0285】また、図39は、表7の横長レンチキュラーレンズの設計例の概略の形状を示す断面図である。

【0286】表7において、光入射面 21 のレンズ面 S_0 は、図39に示すように、画像表示源側に凹形を成す凹形レンチキュラーレンズ面 S_{01} と、画像表示源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズ面 S_{02} からなり、レンズ面 S_{01} とレンズ面 S_{02} の曲率半径がそれぞれ -0.065625mm、0.065625mm であり、レンズ面 S_{02} から光出射面 22 のレンズ面 S_1 までの光軸上の距離（面間隔）t が 0.5mm であり、その間の媒質の屈折率が 1.517 であることが示されている。

【0287】レンズ面 S_{01} とレンズ面 S_{02} の有効半径（P/2）がともに 0.025mm となっているのは、レンズ面 S_{01} 、レンズ面 S_{02} のそれぞれにおいて数2の

$Z(r)$ が、 $0 \leq r \leq 0.025$ の範囲の径方向距離 r に対して定義されることを示す。

【0288】図40は、表7の横長レンチキュラーレンズの設計例における、入射光束 140 のスクリーン画面垂直方向の拡散を示す図である。

【0289】本設計例では、スクリーン画面垂直方向の指向特性は、第一の実施例の表1の設計例と同様に、図30に示したような指向特性となる。

【0290】なお、本設計例においては、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光入射面 21 の横長レンチキュラーレンズとしての凸形レンチキュラーレンズと凹形レンチキュラーレンズの形状は、図39に示したように、互いに対称な形状となっているが、これらの凸形レンチキュラーレンズと凹形レンチキュラーレンズの形状

としては、その他、種々の形状を考えることができる。 【0292】

【0291】表8は、第一のレンチキュラーレンズシート 【表8】

ト20の第二の設計例を示したものである。

表 8

レンズ面		光入射面 S ₀		光出射面 S ₁
		S ₀₁	S ₀₂	
曲率半径	RD	-0.02625	0.105	∞
非球面係数	CC	5.82	5.82	0
	AE	0	0	0
	AF	0	0	0
	AG	0	0	0
	AH	0	0	0
有効半径	P/2	0.010	0.040	——
面間隔	t	——	0.5	
屈折率		1.517		

【0293】表8の設計例では、画像表示源側に凹形を成す凹形レンチキュラーレンズ面 S_{01} の有効半径が、画像表示源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズ面 S_{02} の有効半径より小さく、さらに凸形レンチキュラーレンズの曲率半径が凹形レンチキュラーレンズの曲率半径と異なる設計となっている点が表7の設計例と異なるが、スクリーン画面垂直方向の指向特性は表7の設計例と同じく、図30に示したような指向特性となる。

【0294】表9、表10、表11は、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズのさらに他の設計例を示したものである。これらの設計例においては、数2における非球面係数はいずれも0であるので、表から省いてある。

【0295】

【表9】

表 9

レンズ面	光入射面 S ₀		光出射面 S ₁
	S ₀₁	S ₀₂	
曲率半径 RD	-0.028	0.028	∞
有効半径 P/2	0.025	0.025	——
面間隔 t	——	0.5	
屈折率	1.517		

【0296】

【表10】

表 10

レンズ面	光入射面 S ₀		光出射面 S ₁
	S ₀₁	S ₀₂	
曲率半径 RD	-0.005	0.050	∞
有効半径 P/2	0.001	0.049	——
面間隔 t	——	0.5	
屈折率	1.517		

【0297】

【表11】

表 1 1

レンズ面	光入射面 S_0		光出射面 S_1
	S_{01}	S_{02}	
曲率半径 RD	-0.010	0.050	∞
有効半径 P/2	0.005	0.045	—
面間隔 t	—	0.5	
屈折率	1.517		

【0298】図41、図42、図43は、それぞれ、表9、表10、表11の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す図である。

【0299】これらの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性は、表7の横長レンチキュラーレンズの設計例の指向特性と比較すると、裾引きが少ない指向特性となっているが、実用上問題のない水準である。

【0300】表12は、第一のレンチキュラーレンズシ

ート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズのさらに他の設計例を示したものである。本設計例においては、数2における非球面係数はいずれも0であるので、表から省いてある。また、本設計例では、画像表示源側に凹形を成す凹形レンチキュラーレンズと、画像表示源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズとして、それぞれ2種類の形状を組み合わせている。

【0301】

【表12】

表 1 2

レンズ面	光入射面 S_0				光出射面 S_1
	S_{01}	S_{02}	S_{03}	S_{04}	
曲率半径 RD	-0.028	0.028	-0.010	0.050	∞
有効半径 P/2	0.0125	0.0125	0.0025	0.0225	—
面間隔 t	—	—	—	0.5	
屈折率	1.517				

【0302】図44は、表12の横長レンチキュラーレンズの設計例の概略の形状を示す断面図である。

【0303】また、図45は、表12の横長レンチキュラーレンズの設計例における、入射光束140のスクリーン画面垂直方向の拡散を示す図である。

【0304】この設計例においても、表7の横長レンチキュラーレンズの設計例と同様のスクリーン画面垂直方向の指向特性が得られる。

【0305】表13は、第一のレンチキュラーレンズシ

ート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズのさらに他の設計例を示したものである。表13の設計例においては、画像表示源側に凸形を成す凸形レンチキュラーレンズ面と画像表示源側に凹形を成す凹形レンチキュラーレンズ面が連続した状態で、数2において単一の式で表されるので、一括して光入射面 S_0 に関する曲率半径、非球面係数等を示している。

【0306】

【表13】

表 1 3

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.048516	∞
非球面係数	CC	-0.2487	0
	AE	2747.72	0
	AF	-88764.8	0
	AG	-2.24694×10^8	0
	AH	-1.07607×10^{11}	0
有効半径	P/2	0.05	—
面間隔	t	0.5	
屈折率		1.517	

【0307】図46は、表13の横長レンチキュラー

レンズの設計例の概略の形状を示す断面図である。

【0308】また、図47は、表13の横長レンチキュラーレンズの設計例における、入射光束140のスクリーン画面垂直方向の拡散を示す図である。

【0309】この設計例においても、表7の横長レンチキュラーレンズの設計例と同様のスクリーン画面垂直方向の指向特性が得られる。

【0310】以上の説明から明かなように、第一の実施例の上記の各変形例においては、画像のフォーカス特性、明るさ、コントラスト、及びスクリーンの成形性をともに向上させるとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0311】一方、本実施例においては、図1に示した第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の横長レンチキュラーレンズとして、上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズを採用してもよ

い。以下、この第五の変形例について説明する。

【0312】背面投写型画像ディスプレイ装置では、観視者がその表示画像を観視する位置は多様であり、どの位置から観視した場合にも画面全体が明るく見えることが必要である。この条件を満足するために必要なスクリーン画面垂直方向の指向特性は、スクリーン画面法線方向に関して必ずしも上下対称ではない。

【0313】表14は、観視者の観視位置のうち代表的な5点からの背面投写型ディスプレイの画面中央及び上下端の観視角度を示した表である。同図において観視方向の符号は、スクリーン法線方向より上方から見下ろす場合が正(+)、下方から見上げる場合が負(-)である。

【0314】

【表14】

表 1 4

配号	観視状況	観視位置		画面観視角(度)		
		床からの高さ(mm)	画面からの距離(mm)	下端	中心	上端
A	横臥したとき	250	1,300	-4.2	-17.1	-28.5
B	床に座ったとき	750	1,500	15.1	3.8	-7.8
C	ソファに座ったとき	900	2,000	15.5	7.1	-1.6
D	椅子に座ったとき	1,200	2,300	20.4	13.4	6.1
E	立ったとき	1,500	1,000	49.1	40.4	28.6
計算条件		画面中央までの高さ			650mm	
		画面サイズ対角			40インチ	

【0315】観視者が背面投写型画像ディスプレイ装置を観視する位置は、表14のB、C、Dのように、床や椅子などに座って見る場合が多い。そのため従来技術による背面投写型ディスプレイ装置では、主にこれらの位置から観視した場合に画面が最も明るくかつスクリーンの上下の輝度の差が少なくなるように、スクリーン画面垂直方向の指向特性が設定されていた。

【0316】具体的には、B、Cの観視位置ではほぼ上下のスクリーン画面観視角度がバランスしているが、Dの観視位置ではスクリーン画面下端の観視角度が大きく、若干暗く感じる。そこで最大輝度を示す観視角度を若干上向き(図20では5°)にずらした指向特性とすることがしばしば行われている。その手段としては、前記投写レンズの投写方向を上向きとする方法と、前記フレネルレンズシート10の中心を上方に偏心させる方法との2通りの方法があり、これらのうちのいずれかの方法、もしくは両方の方法を併用することによって上記のような指向特性が付与される。

【0317】しかしながらこのような手段をとっても、立ち上がって観視した場合(表14のE)や、横臥状態で観視した場合(表14のA)には、スクリーンの画面の観視角度が大きくなる側が暗くなる現象は改善されない。そこで従来技術では、レンチキュラーレンズシート30'に練り込む光拡散材6の量を増やす方法で、指向

特性を改善していた。しかしながら、一般的には、下から見上げる場合(たとえば観視位置Aから見る場合)より、上から見下ろす場合(たとえば観視位置Eから見る場合)の方が、より近くから画面を見ることが多い。このとき、下から見上げる場合のスクリーン画面上端の観視角より、上から見下ろす場合のスクリーン画面下端の観視角の方が大きいことになるが、光拡散材6による光の拡散特性は前述のように上下左右で均一であるため、上から見下ろす場合のスクリーン画面下端の観視角に合わせて指向特性を広げると、下方に対しては必要以上に指向特性が広くなり、背面投写型画像ディスプレイ装置の光利用率が低下するといった問題があった。また、光拡散材6の量を増加すると、外光に対しスクリーンが白く光る現象が強くなり、明るい場所でのコントラスト性能が悪化する。さらに製造上からも成形性が困難となるなど問題が多い。

【0318】そこで、透過型スクリーンを多様な観視位置から観視してもスクリーン画面全体が明るく見えるようにするため、本実施例における横長レンチキュラーレンズの断面形状を、各横長レンチキュラーレンズの中央を通るレンズ中心軸に関して上下非対称の形状とし、この横長レンチキュラーレンズによりスクリーン画面垂直方向の光拡散を行う構成とする。

【0319】この場合、横長レンチキュラーレンズの断

面形状がレンズ中心軸に対して上下非対称であるので、この横長レンチキュラーレンズを通過する光線は、レンズ中心軸からの距離が同じ点を通過する場合であっても、上下で異なる角度に屈折され、その結果、スクリーン画面垂直方向の指向特性として上下非対称の指向特性を得ることができる。

【0320】表15は、本実施例の第五の変形例の透過型スクリーン1における第一のレンチキュラーレンズシ

ート20の光入射面21の、上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズの設計例について、数2における曲率半径と非球面係数、屈折率、有効半径を示したものである。なお、光出射面22については、平面であるので表からは省いてある。

【0321】

【表15】

表15

レンズ面		光入射面 S_0	
		S_{01}	S_{02}
曲率半径	RD	0.095	0.100
非球面係数	CC	3.0	2.2
	AE	1500.0	1000.0
	AF	0.0	0.0
	AG	0.0	0.0
	AH	3.5×10^{11}	0.0
有効半径	P/2	0.045	0.055
屈折率		1.53	

【0322】また、図48は表15の横長レンチキュラーレンズの設計例の概略の垂直断面形状を示す断面図である。

【0323】表15において、光入射面21のレンズ面 S_0 は、図48に示すように、レンズ中心軸 $L-L'$ より上側に偏心したZ軸の位置を境にして、上側のレンチキュラーレンズ面 S_{01} と、下側のレンチキュラーレンズ面 S_{02} からなり、レンズ面 S_{01} とレンズ面 S_{01} の曲率半径がそれぞれ0.095mm、0.100mmであり、レンズ面 S_0 と光出射面22との間の媒質の屈折率が1.53であることが示されている。

【0324】レンズ面 S_{01} とレンズ面 S_{02} の有効半径がそれぞれ0.045mm、0.055mmとなっているのは、レンズ面 S_{01} 、レンズ面 S_{02} において数2のZ(r)が、それぞれ、 $0 \leq r \leq 0.045$ 、 $-0.055 \leq r \leq 0$ の範囲の径方向距離rに対して定義されることを示す。すなわち、図48の横長レンチキュラーレンズにおいては、レンズの幅は0.100mmであり、レンズの断面形状はレンズ中心軸 $L-L'$ より、0.005mm上側に偏心したZ軸の位置を境にして、上下で異なった非球面によって構成されている。

【0325】また図49は図48の横長レンチキュラーレンズを用いたときの透過型スクリーンの画面垂直方向

の指向特性を示す特性図である。なお、同図の観視輝度は、最も明るい方向（観視角度）の輝度を100%とした相対値である。

【0326】図49に示すように、スクリーン画面垂直方向の指向特性は、上方向が下方向より広い指向特性を有する上下非対称形状の特性になり、背面投写型画像ディスプレイ装置の指向特性として望ましい指向特性を有するものとなる。本実施例では、簡単のため、最大輝度を示す観視角度を 0° としたが、従来技術の項で述べたように投写レンズの投写方向を上向きとしたり、もしくはフレネルレンズシートフレネルレンズの中心を画面上方に偏心させることにより、最大輝度を示す観視角度を 0° より上方にずらすことができるが、その場合でも本発明の効果に何等影響はない。

【0327】次に、上下非対称の横長レンチキュラーレンズの第二の設計例について説明する。

【0328】表16は、上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズの第二の設計例について、数2における曲率半径と非球面係数、屈折率、有効半径を示したものである。

【0329】

【表16】

表 16

レンズ面		光入射面 S_0	
		S_{01}	S_{02}
曲率半径	RD	0.100	0.100
非球面係数	CC	2.3	2.3
	AE	700.0	700.0
	AF	0.0	0.0
	AG	0.0	0.0
	AH	0.0	0.0
有効半径	P/2	0.0485	0.0515
屈折率		1.53	

【0330】また、図50は表16の横長レンチキュラーレンズの設計例の概略の垂直断面形状を示す断面図である。

【0331】本設計例では、横長レンチキュラーレンズの幅は0.1mmであり、レンズ中心軸 L' より上側に偏心したZ軸より上側のレンチキュラーレンズ面 S_{01} と、下側のレンチキュラーレンズ面 S_{02} とは同じ非球面係数の形状を有している。すなわち、上下対称な単一の非球面形状において、径方向 r の範囲を $-0.0515\text{mm} \leq r \leq 0.0485\text{mm}$ とし、レンズ中心軸 L' に対して0.0015mm上方に偏移した形状となっている。

【0332】この場合レンズの頂部に対して、隣接する横長レンチキュラーレンズとの境界部のレンズ面の高さが

上側……0.020mm

下側……0.025mm

になり、そのままでは隣接する横長レンチキュラーレンズとつながらないので、各横長レンチキュラーレンズの上端側に0.005mm幅のほぼ水平な接続面23を加えている。

【0333】図51は図50の横長レンチキュラーレンズを用いたときの透過型スクリーンの画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。なお、同図の観視輝度は、最も明るい観視角度における輝度を100%とした相対値である。

【0334】図51に示すスクリーン画面垂直方向の指向特性も、表15の第一の設計例の場合と同様に、上方向が下方向より広い指向特性を有する上下非対称の指向特性となる。

【0335】以上、横長レンチキュラーレンズの形状を数1の非球面式1つないし2つの組合せで与える方法について述べたが、以下に開示するように、横長レンチキュラーレンズの断面形状を多角形近似を行うことにより、点列データとして与えることも可能である。

【0336】以下、上下非対称の横長レンチキュラーレンズの第三の設計例について、図52ないし図55によ

り説明する。

【0337】図52は、第三の設計例における第一のレンチキュラーレンズシート20の垂直断面を示す断面図であり、光入射面21への入射光束143が、光入射面21の横長レンチキュラーレンズと光出射面22において屈折され、出射する様子を光線追跡図として示している。図52において、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21には横長レンチキュラーレンズが連続して複数形成され、光出射面22は平面となっている。また同図においては、座標軸のとり方を、図6とは異なり、一つの横長レンチキュラーレンズの上端をZ軸及びR軸の原点とする。

【0338】このとき、横長レンチキュラーレンズの断面形状を、R軸への投影長さが $h(n)$ で、R軸に対して $\theta(n)$ の角度をなす直線がつながり合っできた多角形状の形状で近似する。ここで、 $\theta(n)$ は、図52において、前記直線の法線とZ軸とのなす角に等しく、Z軸に平行な光線が入射する場合には光の入射角に等しい。この横長レンチキュラーレンズを構成する直線の数を m とし、その横長レンチキュラーレンズの上端から n 本目の直線の番号を n とする。すなわち、 $n=1$ がそのレンチキュラーレンズの上端部の直線を、また、 $n=m$ がレンチキュラーレンズの下端部の直線に対応する。このとき、 m を例えば100以上とすれば、実用上ほぼ滑らかな曲線となる。なお、1本の横長レンチキュラーレンズのR軸方向の幅は H であり、数12で表される。

【0339】

【数12】

$$H = \sum_{k=1}^n h(n)$$

数 12

【0340】図53に図52の横長レンチキュラーレンズの断面形状の拡大図を示す。図53からわかるように、 n 番目の直線のZ軸への投影長さ $d(n)$ は、数13で表される。

【0341】

【数13】

$$d(n) = h(n) \cdot \tan(\theta(n))$$

数 13

【数14】

$$r(n) = - \sum_{k=1}^n (h(k))$$

数 14

【0342】このとき、 n 番目の直線の下端の点のR座標 $r(n)$ とZ座標 $z(n)$ は、それぞれ数14、数15で表される。

【0344】

【数15】

【0343】

$$z(n) = - \sum_{k=1}^n d(k) = - \sum_{k=1}^n (h(k) \cdot \tan(\theta(k)))$$

数 15

【0345】したがって、本実施例の横長レンチキュラーレンズの断面形状は、R座標、Z座標で、レンチキュラーレンズの上端を $(0, 0)$ として、

$(r(n), z(n))$ (ここに、 $n=1, 2, 3, \dots, m$)

の点列として表すことができる。

【数16】

$$\sin \theta(n) = N \sin \theta'(n)$$

数 16

【0350】

【数17】

$$\sin \phi(n) = N \sin \phi'(n)$$

数 17

【0346】次に、上記多角形状の横長レンチキュラーレンズの断面形状の設計方法を以下に示す。

【0347】図52に示すように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21に形成された横長レンチキュラーレンズの n 番目の直線に入射角 $\theta(n)$ で入射する、幅 $h(n)$ のZ軸に平行な平行光束143は、その n 番目の直線の法線方向と角度 $\theta'(n)$ をなすとともに光出射面22の法線方向、すなわちZ軸方向と角度 $\phi'(n)$ をなすように屈折し、さらに光出射面22から観視角度 $\phi(n)$ の方向に出射する出射光束144となる。

【0351】一方、図52から、 $\theta(n)$ 、 $\theta'(n)$ 、 $\phi'(n)$ の間には、数18の関係がある。

【0352】

【数18】

$$\theta'(n) = \theta(n) - \phi'(n)$$

数 18

【0353】これらの関係から、ある $\phi(n)$ に対して、 $\phi'(n)$ 、 $\theta(n)$ 、 $\theta'(n)$ は、数19、数20、数21のように求められる。

【0354】

【数19】

$$\phi'(n) = \sin^{-1}(\sin \phi(n)/N)$$

数 19

【0348】このとき、第一のレンチキュラーレンズシート20の基材20Bの屈折率を N とすると、スネル(Snell)の法則から、数16及び数17の関係が成り立つ。

【0355】

【0349】

【数20】

$$\theta(n) = \tan^{-1} \left(\frac{N \sin \phi'(n)}{N \cos \phi'(n) - 1} \right)$$

数 20

【0356】

【数21】

$$\theta'(n) = \tan^{-1} \left(\frac{N \sin \phi'(n)}{N \cos \phi'(n) - 1} \right) - \phi'(n)$$

数 21

【0357】ここで、 $\phi(n)$ の観視角度方向の、微小角度範囲 $\Delta\phi$ に出射する出射光束144は、光入射面21側の $h(n)$ の幅を持つ平行光束143が起源である。従って1本の横長レンチキュラーレンズに入射する

光の全光束を Φ とすると、出射光束144の光束 $s(n)$ は、数22のように表される。

【0358】

【数22】

$$s(n) = \Phi \times \frac{h(n)}{H} \times T_{in}(n) \times T_{out}(n)$$

数 22

【0359】数22において、 $T(in)(n)$ 、 $T(out)(n)$ は、それぞれ、光入射面21、光出射面22における透過率であり、数23、数24で与えられる。

【0360】

【数23】

$$T_{in}(n) = 1 - \frac{R_{inP}(n) + R_{inS}(n)}{2}$$

数 23

【0361】

【数24】

$$T_{out}(n) = 1 - \frac{R_{outP}(n) + R_{outS}(n)}{2} \quad \text{数 24}$$

【0362】ここで $R(in,p)(n)$ 、 $R(in,s)(n)$ 、 $R(out,p)(n)$ 、 $R(out,s)(n)$ は、それぞれ、光入射面21におけるp偏光、s偏光の反射率、光出射面22におけるp偏光、s偏光の反射率であり、数25、数26、数27、数28で与えられる。

【0363】
【数25】

$$R_{inP}(n) = \left(\frac{N \cos \theta(n) - \cos \theta'(n)}{N \cos \theta(n) + \cos \theta'(n)} \right)^2 \quad \text{数 25}$$

【0364】
【数26】

$$R_{inS}(n) = \left(\frac{\cos \theta(n) - N \cos \theta'(n)}{\cos \theta(n) + N \cos \theta'(n)} \right)^2 \quad \text{数 26}$$

【0365】
【数27】

$$R_{outP}(n) = \left(\frac{\cos \phi'(n) - N \cos \phi(n)}{\cos \phi'(n) + N \cos \phi(n)} \right)^2 \quad \text{数 27}$$

【0366】
【数28】

$$R_{outS}(n) = \left(\frac{N \cos \phi'(n) - \cos \phi(n)}{N \cos \phi'(n) + \cos \phi(n)} \right)^2 \quad \text{数 28}$$

【0367】ここで、出射光束144の光束 $s(n)$ は、目標とするスクリーン画面垂直方向の指向特性から、以下のように求められる。

【0368】図54は、本実施例の透過型スクリーンの目標とするスクリーン画面垂直方向の指向特性を示した特性図である。図54において観視輝度は、最も輝度が高くなる観視方向の輝度を100%としたときの相対値である。観視角度 $\phi(n)$ は、図52に示す観視角度 $\phi(n)$ に対応しており、図54に示す指向特性において、正(+)側の最大観視角度から負(-)側最大観視

角度までの角度範囲を m 等分したときの、負(-)側の最大観視角度から n 番目の観視角度である。このとき、 $\phi(n)$ の角度範囲 $\Delta\phi$ は、 $\Delta\phi = (\text{正}(+) \text{側最大観視角度} - \text{負}(-) \text{側最大観視角度}) / m$ となる。

【0369】このとき、図54の観視角度方向 $\phi(n)$ から見たスクリーン画面上の輝度を $L(n)$ とすると、出射光束144の光束 $s(n)$ は、数29のように表される。

【0370】

【数29】

数 29

【0371】このとき、数22と数29より、 $h(n)$ が数30のように求められる。

【0372】

【数30】

$$h(n) = \frac{H \cdot \Delta\phi \cdot L(n)}{\Phi \times T_{in}(n) \times T_{out}(n)} \quad \text{数 30}$$

【0373】ここで、1本の横長レンチキュラーレンズのR軸方向の幅 H は、前述のとおり数12のように表される。

【0374】したがって、分割数 m が十分に多い場合

$$\Phi = \sum_{k=1}^m \frac{s(n)}{T_{in}(n) \times T_{out}(n)} \quad \text{数 31}$$

【0376】以上の計算から明らかなように、観視角度方向 $\phi(n)$ における輝度 $L(n)$ が、 $n=1$ から m まで順次与えられれば、数20及び数30より、 $\theta(n)$ と $h(n)$ が求められる。そして数14、数15より、 $(r(n), z(n))$ が計算でき、図53に示すよう

な横長レンチキュラーレンズの断面形状を表す点列が求められる。

【0375】

【数31】

数 31

な横長レンチキュラーレンズの断面形状を表す点列が求められる。

【0377】図55は、上下非対称な横長レンチキュラーレンズの第三の設計例の垂直断面形状を示す断面図であり、上記計算方法を用いて、図54に示す指向特性を

もとに、光入射面 21 における透過率 $T(in)(n)$ と光出射面 22 における透過率 $T(out)(n)$ をいずれも 1 とし、近似的に、点列 $(r(n), z(n))$ を求めた例を示す。

【0378】本実施例ではレンズの幅を 0.1mm とし、屈折率を 1.53 とした。また指向特性の正 (+) 側最大観視角度 70° 、負 (-) 側最大観視角度 -50° に対して分割数 m を 120 とした。よって $\Delta\phi$ は 1° である。

【0379】この場合、レンズの頂部に対して、隣接する横長レンチキュラーレンズとの境界部のレンズ面の高さが

上側 0.018mm

下側 0.054mm

になり、そのままでは隣接する横長レンチキュラーレンズとつながらないので、上端側に 0.036mm 幅のほぼ水平な面 23 を加えている。

【0380】図 55 のレンチキュラーレンズ断面形状は、図 54 の指向特性図から直接計算されるものであるため、本実施例の透過型スクリーンは図 54 の目標とするスクリーン画面垂直方向の上下非対称の指向特性を忠実に再現することができる。

【0381】なお、上記本実施例の横長レンチキュラーレンズの設計の計算はパソコンなどで簡単にプログラムが作れるため、観視角度の分割数 m を増やし、角度範囲 $\Delta\phi$ をさらに小さくすることもでき、レンチキュラーレンズ成型時においてレンチキュラーレンズを加工する最も必要な精度の点列を作り出すことが容易にできる。

【0382】本実施例では、簡単のために、第一のレンチキュラーレンズシート 20 の光入射面 21 と光出射面 22 における光の反射損失及び第一のレンチキュラーレンズシート 20 内での光の吸収損失を 0 とし、透過率 $T(in)(n)$ と透過率 $T(out)(n)$ をいずれも 1 とし説明したが、これらを数 23、数 24 により計算することによりさらに精度のよいレンチキュラーレンズ形状を実現できることはいうまでもない。

【0383】以上、本実施例における横長レンチキュラーレンズ断面形状の設計方法を使用することによって、従来試行錯誤によって設計していた横長レンチキュラーレンズ断面形状を、必要とされる指向特性から直接計算

によって設計できるため、より容易に、また目標の指向特性に近い横長レンチキュラーレンズ断面形状を求めることができるようになる。

【0384】上記の第三の設計例では、横長レンチキュラーレンズの断面形状を、多角形近似を行うことにより、点列データとして与える方法を示したが、この点列で形成された横長レンチキュラーレンズの断面形状を、数 2 で示すような曲線の非球面形状に回帰してもよい。

【0385】以下、上下非対称な横長レンチキュラーレンズの第四の設計例を図 56 ないし図 60 により説明する。

【0386】図 56 は、本設計例において、透過型スクリーンの目標とするスクリーン画面垂直方向の指向特性を示した特性図である。図 56 に示した指向特性においては、最も輝度が高くなる観視方向の輝度を、前記の第三の設計例における目標の指向特性の場合より絶対値としてやや大きくとるために、観視角度 $\phi(n)$ が $\pm 40^\circ$ 付近の観視輝度を、前記の第三の設計例における目標の指向特性の場合より若干抑えた指向特性となっている。図 56 において観視輝度は、最も輝度が高くなる観視方向の輝度を 100% としたときの相対値である。

【0387】図 57 は第四の設計例の透過型スクリーンに用いられる第一のレンチキュラーレンズシート 20 の横長レンチキュラーレンズの垂直断面形状を示す断面図であり、第三の設計例と同様の計算方法を用いて、図 56 に示す指向特性をもとに、近似的に点列 $(r(n), z(n))$ を求めたのち、この点列で形成された横長レンチキュラーレンズ断面形状を、数 2 で示すような曲線の非球面形状に回帰した結果の例を示す。点列の計算に当っては、光入射面 21 における透過率 $T(in)(n)$ と光出射面 22 における透過率 $T(out)(n)$ をいずれも 1 とし、また、 $\Delta\phi$ が 1° になるように、指向特性の正 (+) 側最大観視角度 61° 、負 (-) 側最大観視角度 -54° に対して分割数 m を 115 とした。

【0388】表 17 は、上記の点列の回帰結果について、数 2 における曲率半径と非球面係数、屈折率、有効半径を示したものである。

【0389】

【表 17】

表 17

レンズ面		光入射面 S_0	
		S_{01}	S_{02}
曲率半径	R D	0.085714	0.085714
非球面係数	C C	3.2	0.0
	A E	2.31525×10^3	-6.94575×10^2
	A F	-2.04205×10^6	1.53154×10^5
	A G	4.22130×10^9	3.93988×10^8
	A H	1.55133×10^{12}	-4.96425×10^{10}
有効半径	P/2	0.041429	0.058571
屈折率		1.517	

【0390】表17において、光入射面21のレンズ面 S_0 は、図57に示すように、レンズ中心軸 $L-L'$ より上側に偏心したZ軸の位置を境にして、上側のレンチキュラーレンズ面 S_{01} と、下側のレンチキュラーレンズ面 S_{02} からなり、レンズ面 S_{01} とレンズ面 S_{02} の曲率半径がいずれも0.085714mmであり、レンズ面 S_0 と光出射面22との間の媒質の屈折率が1.517であることが示されている。

【0391】レンズ面 S_{01} とレンズ面 S_{02} の有効半径がそれぞれ0.041429mm、0.058571mmとなっているのは、レンズ面 S_{01} 、レンズ面 S_{02} において数2の $Z(r)$ が、それぞれ、 $0 \leq r \leq 0.041429$ 、 $-0.058571 \leq r \leq 0$ の範囲の径方向距離 r に対して定義されることを示す。すなわち、図57の横長レンチキュラーレンズにおいては、レンズの幅は0.100mmであり、レンズの断面形状はレンズ中心軸 $L-L'$ より、0.008571mm上側に偏心したZ軸の位置を境にして、上下で異なった非球面によって構成されている。

【0392】図58は、図57に示す第四の設計例の横長レンチキュラーレンズの変形例の垂直断面形状を示す断面図である。

【0393】図58の横長レンチキュラーレンズでは、図57に示した横長レンチキュラーレンズの垂直断面形状において、Z軸の位置の付近ではレンズ面の形状がZ軸にはほぼ垂直な平面に近いことに着目し、この部分を、隣接する横長レンチキュラーレンズとの境界部に移動した上で平面24に置き換えた形状になっている。

【0394】具体的には、表17に示す上側のレンチキュラーレンズ面 S_{01} の $0 \leq r \leq 0.041429$ の範囲のうちの $0 \leq r \leq 0.004143$ の部分と、下側のレンチキュラーレンズ面 S_{02} の $-0.058571 \leq r \leq 0$ の範囲のうちの $-0.005857 \leq r \leq 0$ の部分とを削除し、これに替わって横長レンチキュラーレンズとの境界部に0.01mm幅の平面部24を設けた形状としている。この場合、上側のレンチキュラーレンズ面 S

$_{01}$ の上端部にほぼ水平な面がすでにあるので、あたかもかまぼこ状のレンチキュラーレンズ形状に直角の切り込みを入れたような形状となる。

【0395】図58に示した断面形状の横長レンチキュラーレンズでは、前記の各設計例と同様の効果のほか、照明光などの外光の反射が少なくなるという効果がある。以下、これについて説明する。

【0396】図59、図60は、それぞれ、図57、図58に示した横長レンチキュラーレンズにおいて、スクリーンの法線方向より 45° ないし 60° 上方の方向に照明があるときに、その照明からの光線が、透過型スクリーン1の第一のレンチキュラーレンズシートの横長レンチキュラーレンズ面においてスクリーン法線方向に反射されるとき、光線追跡図である。

【0397】図59に示すように、図57の横長レンチキュラーレンズでは、レンズ面の内側（媒質側）を、レンズ面で全反射を繰り返しながら伝搬する光線145がある。全反射の場合は光の損失がほとんどないので、この光線145により反射光の輝度が高くなり、画像のコントラストを低下させる。

【0398】これに対し、図58の横長レンチキュラーレンズでは、図60に示すように、レンズ面の内側（媒質側）を、レンズ面で全反射を繰り返しながら伝搬する光線146は、レンチキュラーレンズ面上記の直角状切り込み形状により、一旦空気中に出射することになる。この場合、光線が媒質と空気との界面を通過するときは必ず反射損失が発生し、さらに光線が媒質と空気との界面を通過するときに、わずかに角度の違う光線は上記の直角状切り込み形状を通過する際により大きい角度に拡散するので、結局、光線146によるスクリーンの反射光の輝度の寄与分が大幅に減少し、画像のコントラストとして高いコントラスト性能が得られる効果がある。

【0399】上記の各設計例では、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21に横長レンチキュラーレンズを設ける構成としたが、この横長レンチキュ

ーレンズは、図32に示す第一の実施例の変形例のように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光出射面22に設けてもよい。あるいは、図33に示す変形例のように、光入射面21と光出射面22の両面に設けてもよい。これらの場合も上記設計例と同様の上下非対称の指向特性が得られる効果がある。

【0400】以上の説明から明らかなように、上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズを使用する第一の実施例の変形例においては、画像のフォーカス特性、明るさ、コントラストをとともに向上させるとともに、上下非対称の指向特性が得られる効果がある。

【0401】なお、上記の各設計例に示すような上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズは、スクリーン画面垂直方向の指向特性において、裾の広がった特性を得るのに好適である。特に、スクリーン画面垂直方向の指向特性が、最大輝度を B_0 とし、スクリーン画面垂直方向の各観視角度における輝度が $0.5B_0$ 以上、 $0.1B_0$ 以上となるような観視角度の範囲をそれぞれ θ_{50} 、 θ_{10} としたときに、

【0402】

【数32】 $\theta_{10} \geq 3.4 \times \theta_{50}$

なる式を満足するような裾の広い指向特性の背面投写型画像ディスプレイ装置を実現するための透過型スクリーンに適している。ただし、数31の条件は、上下対称な指向特性の場合でも、本発明の各実施例において実現可能である。

【0403】上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズに関する以上の説明では、家庭用の対角35インチから70インチ程度までの単スクリーン方式の背面投写型画像ディスプレイ装置を主たる適用対象として、設計の具体例について述べてきた。これらの設計例では、表14に示すように下方向よりも上方向の指向特性を重視した設計となっている。

【0404】一方、業務用のマルチ画面の背面投写型画像ディスプレイ装置に使用される透過型マルチスクリーンに関しては、スクリーン画面垂直方向の指向特性は必ずしも上方向が広くなくてもよい。

【0405】ここで、本実施例の応用例として、上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズを、マルチ画面の背面投写型画像ディスプレイ装置用の透過型スクリーンに適用する場合について説明しておく。

【0406】図61は、2段構成のマルチ画面の背面投写型画像ディスプレイ装置の透過型スクリーンの概略垂直断面を示す断面図である。

【0407】図61に示すような2段構成の透過型スクリーンの場合、従来技術の透過型スクリーンの最も大きな問題は、観視者に対し上下のスクリーンで観視角の差が大きく、通常上側のスクリーンは観視者から見上げられるのに対し、下側のスクリーンはほぼ観視者の目の高さかそれより下方にあるため、上下のスクリーンの垂直

方向の指向特性を同一とするとどちらかのスクリーンの画面の上端もしくは下端の明るさが暗くなってしまうという点にある。

【0408】そこで、上側の透過型スクリーン1Aの第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズの断面形状を、前述の上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズの設計例と上下逆の形状とするものとする。これにより、入射光140に対する上側の透過型スクリーン1Aにおける拡散光140'が全体的に下向きになるため、下方に対する指向特性を重視する構成とすることが可能となる。

【0409】また下側の透過型スクリーン1Bの第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズの断面形状を、前述の上下非対称な断面形状を有する横長レンチキュラーレンズの設計例と同じ形状とする。これにより、入射光140に対する下側のスクリーン1Bにおける拡散光140'が全体的に上向きになるため、上方に対する指向特性を重視する構成とすることが可能となる。

【0410】このような設計とすることにより、スクリーン画面垂直方向の指向特性は、上側のスクリーンでは上方向よりも下方向の方が観視角度が広くなり、下側のスクリーンでは下方向よりも上方向の方が観視角度が広くなり、2段構成の上下の画面において輝度段差のほとんどない透過型スクリーンとなる効果がある。

【0411】なお、上記の説明では、2段構成の透過型スクリーンについて述べたが、それぞれの段において使用される横長レンチキュラーレンズを個別に最適化設計を行うことにより、2段以上の構成の透過型スクリーンについても同様の効果が得られる。

【0412】また、上下非対称の断面形状を有する横長レンチキュラーレンズを、後述の各実施例の構成においてそれぞれ最適な形状に設計し、多段構成のマルチ画面の背面投写型画像ディスプレイ装置の透過型スクリーンに適用できることは言うまでもない。

【0413】次に、本発明の第二の実施例を図62により説明する。

【0414】図62は本発明の第二の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0415】本実施例と図1に示した第一の実施例との違いは、第一の実施例においては図1に示したように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の形状がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっているのに対し、本実施例においては、図62に示すように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21のほか、フレネルレンズシート10の光入射面11の形状もスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリー

ン画面垂直方向に複数並べた形状になっている点にある。

【0416】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、主として、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズにより行い、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズにより補助的に光拡散を行う構成とする。また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30とも、基材中に光拡散材を含有しない構成とする。

【0417】このとき、画像のフォーカス特性は、第一の実施例に比較して若干低下するが、従来の透過型スクリーンに比較すると、第一のレンチキュラーレンズシート20のシート厚さが薄く、また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30とも、基材中に光拡散材6を含有していないことから、良好なフォーカス特性が得られる。

【0418】また、画像のコントラスト及び明るさについては、第一の実施例と同様である。

【0419】したがって、本実施例においても、画像のフォーカス特性、明るさ及びコントラストを向上すると同時に、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0420】次に、本発明の第三の実施例を図63により説明する。

【0421】図63は本発明の第三の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0422】本実施例と図1に示した第一の実施例との違いは、第一のレンチキュラーレンズシート20の形状が、第一の実施例においては、図1に示したように、光入射面21がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状となっているのに対し、本実施例においては、図63に示すように、光入射面21がフレネル凸レンズ形状、光出射面22がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっている点にある。

【0423】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズにより行う構成とする。また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30とも、基材中に光拡散材6を含有しない構成とする。

【0424】本実施例においても、第一の実施例と同様に、画像のフォーカス特性、明るさ及びコントラストを向上すると同時に、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0425】また、本実施例においては、フレネルレンズシート10の光入射面11全体に入射する赤、緑、青

の投写画像光の光束を、それぞれの色ごとにほぼ平行な光束に変換し、第一のレンチキュラーレンズシート20に入射させるというフレネル凸レンズの機能を、フレネルレンズシート10の光出射面12のフレネル凸レンズと、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21のフレネル凸レンズに分割している。このとき、それぞれのフレネル凸レンズの焦点距離は、第一の実施例におけるフレネル凸レンズの焦点距離より長く設定できることから、スクリーン画面周辺部におけるフレネル凸レンズのレンズ面の傾きが大きくなり、これによりスクリーン画面周辺部における画像投写光の反射損失が小さくなり、スクリーン画面周辺部の画像の明るさが向上する効果がある。

【0426】なお、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の形状をフレネル凸レンズ形状とするのに代えて、たとえば図1に示した第一の実施例における透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10の光入射面11の形状をフレネル凸レンズ形状としてもよい。このようにした場合にも、本実施例と同様の効果が得られる。

【0427】ところで、上記の第一ないし第三の実施例においては、フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30のいずれも無色透明となっている構成としたが、第二のレンチキュラーレンズシート30については半透明に着色する構成としてもよい。

【0428】この場合、画像発生源側から画像観視側に至る投写画像光は、第二のレンチキュラーレンズシート30を1回だけ透過するため、光量が第二のレンチキュラーレンズシート30の透過率に比例して減衰するのに対し、照明光などの外光が透過型スクリーンで反射されて画像観視側に至るときは、第二のレンチキュラーレンズシート30の最も画像観視側の面となる光出射面32で反射される光を除き、第二のレンチキュラーレンズシート30を少なくとも1往復通るため、光量が第二のレンチキュラーレンズシート30の透過率の2乗に比例して減衰する。これにより、投写画像光より外光の方が、多く吸収されて損失光の比率が大きくなり、照明光などの外光があるときのコントラストが向上する効果がある。

【0429】また、さらに、第二のレンチキュラーレンズシート30については、特に、画像観視側の光出射面32の表面に防眩処理、帯電防止処理、ハードコーティングなどの表面硬化処理等の処理を施してもよい。防眩処理としては、表面全体に微細な凹凸形状を設ける方法と、表面に前記のような光学的反射防止膜を設ける方法が代表的である。これらの防眩処理を行った場合は、スクリーン画面への、観視者側の物体、あるいは照明光などの映り込みを低減できる効果がある。また、帯電防止処理を行った場合には、第二のレンチキュラーレンズシ

ート30表面の帯電により塵埃が付着するのを防止できる効果がある。また、表面硬化処理を施した場合には、観視者側から何らかの物体が衝突しても第二のレンチキュラーレンズシート30の表面に傷がつきにくくなる効果がある。

【0430】次に、本発明の第四の実施例を図64により説明する。

【0431】図64は本発明の第四の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【0432】図64において、40は光吸収シートであり、フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40はそれぞれ端部(図示せず)で相互に固定されている。光吸収シート40の基材40Bは、半透明に着色された熱可塑性樹脂材料、もしくは半透明の着色ガラス板よりなる。41、42は光吸収シート40のそれぞれ光入射面、光出射面であり、本実施例ではいずれも平面である。その他図1と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0433】本実施例と図1に示した第一の実施例との違いは、光吸収シート40が新たに構成要素として加わった点にある。

【0434】本実施例において、光吸収シート40は、その基材が半透明に着色された熱可塑性樹脂材料よりなり、投写画像光より外光を多く吸収する機能を有している。

【0435】すなわち、光吸収シート40においては、画像発生源側から画像観視側に至る投写画像光は、光吸収シート40を1回だけ透過するため光量が光吸収シート40の透過率に比例して減衰するのに対し、照明光などの外光が透過型スクリーン1で反射されて画像観視側に至るときは、光吸収シート40の最も画像観視側に近い光出射面42で反射される光を除き、光吸収シート40を少なくとも1往復通るため、光量が光吸収シート40の透過率の2乗に比例して減衰する。これにより、投写画像光より外光の方が、多く吸収されて損失光の比率が大きくなり、照明光などの外光があるときの画像のコントラストが向上する効果がある。

【0436】なお、光吸収シート40の透過率は、波長400nmから700nmまでの光線に対して、40%ないし90%程度の範囲の、ほぼ同一の透過率を有することが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0437】半透明に着色された熱可塑性樹脂材料の具体例としては、三菱レイヨン(株)製のアクリルフィルターNGの色調N099及びN097等が挙げられる。図65に、アクリルフィルターNGの色調N099の各波長の光線に対する透過率の特性を、図66に、アクリルフィルターNGの色調N097の各波長の光線に対する透過率の特性を、それぞれ示しておく。これらの半透明に着色された熱可塑性樹脂材料は、前記の第一ないし

第三の実施例における第二のレンチキュラーレンズシート30の基材30Bとしても利用できる。

【0438】本実施例においても、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズにより行う構成とする。また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有しない構成とする。

【0439】この結果、本実施例においても、第一の実施例と同様に、画像のフォーカス特性、明るさ、及びコントラストをとともに向上するとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0440】一方、本実施例においても、第一、第二、第三の実施例と同様に、入射光束140が、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31に設けられた第一の縦長レンチキュラーレンズにより、光出射面32の第二の縦長レンチキュラーレンズを通るように収束されるような設計とするために、第二のレンチキュラーレンズシート30のシート厚さに制限がある。

【0441】これは、図106、図107に示した従来の透過型スクリーンのレンチキュラーレンズシート30'においても同様である。したがって、従来の透過型スクリーンにおいては、透過型スクリーン1全体としての機械的強度を確保するために、フレネルレンズシート10のシート厚さをレンチキュラーレンズシート30'のシート厚さより厚くすることが一般に行われていた。

【0442】これに対し、本実施例においては、図64に示すように、フレネルレンズシート10のシート厚さを従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシートより薄くして第二のレンチキュラーレンズシート30のシート厚さと同程度とする一方、光吸収シート40のシート厚さを最も厚くしており、透過型スクリーン1全体としての機械的強度が、図1に示した第一の実施例より大きくなる効果がある。

【0443】次に、本発明の第五の実施例を図67により説明する。

【0444】図67は本発明の第五の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図64と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0445】本実施例と図64に示した第四の実施例との違いは、第四の実施例においては図64に示したように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の形状がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっているのに対し、本実施例においては、図67に示すように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21のほか、フレネルレンズシート10の光入射面11の形状もスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリ

ーン画面垂直方向に複数並べた形状になっている点にある。

【0446】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、主として、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズにより行い、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズにより補助的に光拡散を行う構成とする。また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有しない構成とする。

【0447】このとき、画像のフォーカス特性は、第四の実施例に比較して若干低下するが、従来の透過型スクリーンに比較すると、第一のレンチキュラーレンズシート20のシート厚さが薄く、また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有していないことから、良好なフォーカス特性が得られる。

【0448】また、画像の明るさ及びコントラスト特性については、第四の実施例と同様である。

【0449】したがって、本実施例においても、画像のフォーカス特性、明るさ及びコントラストを向上すると同時に、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0450】次に、本発明の第六の実施例を図68により説明する。

【0451】図68は本発明の第六の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図64と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0452】本実施例と図64に示した第四の実施例との違いは、第四の実施例においては図64に示したように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の形状がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっているのに対し、本実施例においては、図68に示すように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21のほか、光吸収シート40の光入射面41の形状もスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっている点にある。

【0453】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズ、及び光吸収シート40の横長レンチキュラーレンズにより分散して行う構成とする。また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有しない構成とする。

【0454】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大するために、光吸収シート40の

横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくしても、図1に示した第一の実施例における第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくする場合と同様に、フォーカス特性は低下することがない。

【0455】これは、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31の縦長レンチキュラーレンズと光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズとを、相互に近接するように配置していることによる。すなわち、本実施例では、入射光束のスクリーン画面水平方向の光拡散の開始点とスクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点とを近接させているので、フォーカス特性が低下することがない。

【0456】また、画像の明るさについては、第四の実施例と同様である。

【0457】一方、本実施例においては、外光に対する光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズにおけるスクリーン正面方向への反射光が、図64に示した第四の実施例、及び図67に示した第五の実施例の場合より多くなるため、画像のコントラストは第四の実施例、及び第五の実施例の場合より低下する。しかしながら、本実施例において、さらに、光吸収シート40の光入射面41表面全体に、微細な凹凸形状を設けたり、光学的反射防止膜を設けたりして、防眩処理を施すことにより、コントラストの補償が可能である。

【0458】したがって、本実施例においても、画像のフォーカス特性、明るさ及びコントラストをともに向上させるとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0459】次に、本発明の第七の実施例を図69により説明する。

【0460】図69は本発明の第七の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図67及び図68と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0461】本実施例と図68に示した第六の実施例との違いは、第六の実施例においては、図68に示したように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21の形状、及び光吸収シート40の光入射面41の形状がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっているのに対し、本実施例においては、図69に示すように、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21、光吸収シート40の光入射面41のほか、フレネルレンズシート10の光入射面11の形状もスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっている点にある。

【0462】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、主として、第一のレンチキュラーレン

ズシート20の横長レンチキュラーレンズ、及び光吸収シート40の横長レンチキュラーレンズにより分散して行い、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズにより補助的に光拡散を行う構成とする。また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有しない構成とする。

【0463】このとき、画像のフォーカス特性は、第六の実施例に比較して若干低下するが、従来の透過型スクリーンに比較すると、第一のレンチキュラーレンズシート20のシート厚さが薄く、また、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有していないことから、良好なフォーカス特性が得られる。

【0464】また、画像の明るさ及びコントラスト特性については、第六の実施例と同様である。

【0465】したがって、本実施例においても、画像のフォーカス特性、明るさ及びコントラストを向上すると同時に、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0466】なお、上記の第五ないし第七の各実施例の透過型スクリーンにおいては、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズ、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズ、第二のレンチキュラーレンズシート30の横長レンチキュラーレンズとも、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に連続して複数並べた形状になっているが、これらの横長レンチキュラーレンズの形状を、図35に示した第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズの形状と同様に、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形をなす凹形レンチキュラーレンズとを、スクリーン画面垂直方向に交互に連続して複数並べた形状としてもよい。

【0467】この場合、スクリーン画面垂直方向の光拡散を主として、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズにより行い、他の横長レンチキュラーレンズにより補助的に光拡散を行う場合は、補助的に光拡散を行う横長レンチキュラーレンズについては従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシートの光入射面の横長レンチキュラーレンズと同様に、画像発生源側に凸形となる凸形レンチキュラーレンズのみをスクリーン画面垂直方向に配列する構成としてもよい。これは、補助的に光拡散を行うレンチキュラーレンズの方は、形状がより平面に近く、スクリーンの成形性に問題が少ないからである。

【0468】一方、上記の第四ないし第七の実施例においては、フレネルレンズシート10の光出射面12のフレネルレンズにおける、投写画像光の不要反射に起因す

るゴーストが目立たなくなる。以下、これについて説明する。

【0469】図70は、図106、図107の従来の透過型スクリーン1、図64の本発明の第四の実施例の透過型スクリーン1におけるフレネルレンズシート10の垂直断面を示す断面図である。

【0470】図70において、(a)は図106、図107に示した従来の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10を、(b)は図64に示す透過型スクリーンのフレネルレンズシート10を、それぞれ示している。なお、図70(a)においては、簡単のため、光入射面11の横長レンチキュラーレンズを省略して示してある。

【0471】一般に、フレネルレンズシート10では、図70(a)、(b)に示すように、入射光束147の光線の大部分は出射光線148となるが、一部の光線は光出射面12で反射され、さらに光入射面11で再度一部反射され、また光出射面12へ至ってゴースト光線149となる。

【0472】このとき、従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシート10では、図70(a)に示すように、シート厚さが厚いため、本来の画像の位置とゴーストの位置との距離Rがかなり大きくなり、ゴーストが非常に目立ってしまう。これに対し、上記の第四ないし第七の各実施例のフレネルレンズシート2では、図70(b)に示すように、シート厚さが薄いため、本来の画像の位置とゴーストの位置とが近接し、距離Rが小さくなることから、ゴーストが目立たなくなる。

【0473】また、フレネルレンズシート10のシート厚さを従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシートより薄くし、第二のレンチキュラーレンズシート30のシート厚さと同程度とすることは、同時に、画像のフォーカス特性を向上させる効果もある。

【0474】次に、本発明の第八の実施例を図71により説明する。

【0475】図71は本発明の第八の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0476】本実施例の透過型スクリーン1は、フレネルレンズシート10と第二のレンチキュラーレンズシート30の2枚構成である。フレネルレンズシート10の光入射面11には、前記の各実施例と同様のスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズがスクリーン画面垂直方向に複数形成されており、光出射面12にはフレネル凸レンズが形成されている。また、第二のレンチキュラーレンズシート30は、前記の各実施例に示した、第二のレンチキュラーレンズシート30と同じ構成である。

【0477】表18は、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズの設計例につい

て、数2における曲率半径と非球面係数、面間隔、屈折率、有効半径を示したものである。

【0478】

【表18】

表18

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.105	-410.74
非球面係数	CC	5.82	0.0
	AE	0.0	0.0
	AF	0.0	0.0
	AG	0.0	0.0
	AH	0.0	0.0
有効半径	P/2	0.04	—
面間隔	t	2.0	
屈折率		1.570	

【0479】表18において、光出射面22の曲率半径が-410.74となっているのは、光出射面22のフレネル凸レンズの曲率半径が410.74mmであることを示している。

【0480】表18の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性は、図30に示した指向特性とほぼ同じである。

【0481】本実施例の透過型スクリーンにおいても、前記の各実施例と同様に、画像の明るさ、及びコントラストをともに向上させるとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大でき、さらにカラーシフトを低減できる効果がある。

【0482】図72は、上記第八の実施例の透過型スクリーンの変形例であり、図64に示した前記の第四の実施例と同様に、フレネルレンズシート10のシート厚さを第二のレンチキュラーレンズシート30のシート厚さと同程度に薄くしている。

【0483】図72に示す透過型スクリーン1においては、図71に示す透過型スクリーン1と同様に、画像の明るさ、及びコントラストをともに向上させるとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大でき、さらにカラーシフトを低減できる効果があるほか、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズと、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズシートとが互いに近接するように配置されていることから、画像のフォーカス特性が良好になるという効果がある。さらに、図64に示した第四の実施例の透過型スクリーン1と同様に、フレネルレンズシート10のシート厚さが薄いことから、光出射面12のフレネル凸レンズにおける、投写画像光の不要反射に起因するゴーストが目立たなくなる効果がある。

【0484】本実施例では、フレネルレンズシート10において、光入射面11の横長レンチキュラーレンズのレンズ面と光出射面12との間の、横長レンチキュラーレンズの光軸に沿ったシート厚さを t_1 とし、第二のレ

ンチキュラーレンズシート30において、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズと光出射面32の第二の縦長レンチキュラーレンズとの間の、第一または第二の縦長レンチキュラーレンズの光軸に沿ったシート厚さを t_2 としたとき、シート厚さ t_1 と t_2 とが

【0485】

【数33】 $t_1 \leq 2.5 t_2$

なる条件を満たすのが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0486】なお、本実施例において、図71及び図72に示したフレネルレンズシート10は、光入射面11に横長レンチキュラーレンズを複数配列する構成となっているが、横長レンチキュラーレンズを配列する面は光入射面11に限定されるものではない。

【0487】図73に示す本実施例の変形例においては、フレネルレンズシート10は、光出射面12の形状を、横長レンチキュラーレンズを複数配列した形状とし、光入射面11の形状をフレネル凸レンズ形状とする構成となっている。

【0488】図74は、表18に示したフレネルレンズシート10の設計例において、光入射面11と光出射面12の形状を入れ替えた構成とした場合のスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【0489】図74に示すように、垂直観視角 β は ± 45 度とに広い範囲においてスクリーン上の映像が観視できる。また、実用上最も重要な50%輝度（スクリーンの観視位置を垂直方向に任意変えた場合に得られる最大輝度に対する相対値）となる垂直観視角 β は ± 10 度と実用上十分な性能を得ている。

【0490】また、図73に示す本実施例の変形例におけるフレネルレンズシート10の光出射面12の形状に関するレンズ作用の変化の特性は、図31の破線2で示した特性に対し、横軸を中心軸として軸対称となるような特性となる。

【0491】その他、図73に示す構成の透過型スクリーン1においても、図72に示した第八の実施例の透過

型スクリーン1と同様の効果が得られる。

【0492】また、第八の実施例においても、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズとして、図34、図35に示したような形状の横長レンチキュラーレンズを配列してもよい。

【0493】図75は、第八の実施例の変形例の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10として、光入射面11に、図35と同様に、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形をなす凹形レンチキュラーレンズとを、交互に連続して複数配列した形状の横長レンチキュラーレンズを配列したときの透過型スクリーン1の要部を示す斜視図である。

【0494】図76は、図75の透過型スクリーン1の垂直断面を示す断面図であり、140は入射光束である。

【0495】図76に示すように、フレネルレンズシート10に入射した入射光束140は、光入射面11の横長レンチキュラーレンズの形状により屈折してスクリーン画面垂直方向に拡散された後は、第二のレンチキュラーレンズシート30をそのまま透過し、スクリーン画面垂直方向に拡散されることがないため、画像観視側から見たときの入射光束140に対する出射光束のスクリーン画面垂直方向の幅dは、前述の第一の実施例の場合と同様、概ねフレネルレンズシート10の光出射面12上に現れる光束の幅で認識されることになり、良好なフォーカス特性が得られる効果がある。

【0496】また、画像の明るさ、コントラスト、及びスクリーンの成形性については、図35に示した第一の実施例の変形例と同様である。

【0497】したがって、本実施例においても、画像のフォーカス特性、明るさ、コントラスト、及びスクリーンの成形性をともに向上させるとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0498】また、図75の構成の透過型スクリーンにおいても、フレネルレンズシート10の光出射面12のフレネルレンズにおける、投写画像光の不要反射に起因するゴーストが目立たなくなる。以下、これについて説明する。

【0499】図77は、図107に示した従来の透過型スクリーン及び図75の透過型スクリーンにおけるフレネルレンズシート10の垂直断面を示す断面図である。

【0500】図77において、(a)は図107に示した従来の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10を、(b)は図75に示す透過型スクリーンのフレネルレンズシート10を、それぞれ示している。

【0501】図70の場合と同様に、一般に、フレネルレンズシート10では、図77(a)、(b)に示すように、入射光束147の光線の大部分は出射光束148となるが、一部の光線は光出射面12で反射され、さら

に光入射面11で再度一部反射され、また光出射面12へ至ってゴースト光線149となる。

【0502】このとき、従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシート10では、図77(a)に示すように、シート厚さが厚いため、本来の画像の位置とゴーストの位置との距離Rがかなり大きくなり、ゴーストが非常に目立ってしまう。これに対し、図75の構成の透過型スクリーン1のフレネルレンズシート10では、図77(b)に示すように、シート厚さが薄いため、本来の画像の位置とゴーストの位置とが近接し、距離Rが小さくなることから、ゴーストが目立たなくなる。

【0503】なお、図75の構成の透過型スクリーンにおいても、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズにおける凸形レンチキュラーレンズと凹形レンチキュラーレンズの形状として、前記の第一の実施例における表7ないし表13の設計例に示したような種々の形状を考えることができる。

【0504】図78は図75の透過型スクリーン1におけるフレネルレンズシート10の他の具体例を示す断面図である。

【0505】図78において、(a)は、凸形レンチキュラーレンズの曲率半径が凹形レンチキュラーレンズの曲率半径と異なっている例を示す。また、(b)は、凸形レンチキュラーレンズ、凹形レンチキュラーレンズとも、スクリーン画面垂直方向に非対称となっている例を示す。図78(b)に示す例の場合は、スクリーン画面垂直方向の指向特性を上下非対称に設計できる効果がある。

【0506】ところで、上記の第八の実施例においては、フレネルレンズシート10、及び第二のレンチキュラーレンズシート30のいずれも無色透明となっている構成としたが、第二のレンチキュラーレンズシート30については、前記の第一ないし第三の実施例と同様に、半透明に着色する構成としてもよい。

【0507】この場合、照明光などの外光があるときのコントラストが向上する効果がある。

【0508】また、さらに、第二のレンチキュラーレンズシート30については、前記の第一ないし第三の実施例と同様に、画像観視側の光出射面32の表面に防眩処理、帯電防止処理、ハードコーティングなどの表面硬化処理等の処理を施してもよい。防眩処理を行った場合は、スクリーン画面への、観視者側の物体、あるいは照明光などの映り込みを低減できる効果がある。また、帯電防止処理を行った場合には、第二のレンチキュラーレンズシート30表面の帯電により塵埃が付着するのを防止できる効果がある。また、表面硬化処理を施した場合には、観視者側から何らかの物体が衝突しても第二のレンチキュラーレンズシート30の表面に傷がつきにくくなる効果がある。

【0509】次に、本発明の第九の実施例を図79によ

り説明する。

【0510】図79は本発明の第九の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【0511】図79において、40は光吸収シートであり、フレネルレンズシート10、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40はそれぞれ端部（図示せず）で相互に固定されている。40Bは光吸収シート40の基材であり、半透明に着色された熱可塑性樹脂材料、もしくは半透明の着色ガラス板よりなる。41、42は光吸収シート40のそれぞれ光入射面、光出射面であり、本実施例ではいずれも平面である。その他図71と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0512】本実施例と図71に示した第八の実施例との違いは、図64に示した第四の実施例と同様の、光吸収シート40が新たに構成要素として加わった点にある。

【0513】光吸収シート40は、その基材が半透明に着色された熱可塑性樹脂材料よりなり、投写画像光より外光を多く吸収する機能を有しているため、照明光などの外光があるときの画像のコントラストが向上する効果がある。

【0514】本実施例においても、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズにより行う構成とする。また、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有しない構成とする。

【0515】この結果、本実施例においても、第四の実施例と同様に、画像のフォーカス特性、明るさ、コントラスト、及びスクリーンの成形性をともに向上するとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0516】一方、本実施例においては、前記の各実施例と同様に、入射光束140が、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31に設けられた第一の縦長レンチキュラーレンズにより、光出射面32の第二の縦長レンチキュラーレンズを通して収束されるような設計とするために、第二のレンチキュラーレンズシート30のシート厚さに制限がある。

【0517】これは、図106、図107に示した従来の透過型スクリーンのレンチキュラーレンズシート30'においても同様である。したがって、従来の透過型スクリーンにおいては、透過型スクリーン1全体としての機械的強度を確保するために、フレネルレンズシート10のシート厚さをレンチキュラーレンズシート30'のシート厚さより厚くすることが一般に行われていた。

【0518】これに対し、本実施例においては、図79に示すように、フレネルレンズシート10のシート厚さを従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシートより薄くして第二のレンチキュラーレンズシート30のシ-

ート厚さと同程度とする一方、光吸収シート40のシート厚さを最も厚くしており、透過型スクリーン1全体としての機械的強度が、図71に示した第八の実施例より大きくなる効果がある。

【0519】さらに、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズと、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズシートとが互いに近接するように配置されていることから、画像のフォーカス特性が良好になるという効果がある。さらに、図72に示した構成の透過型スクリーン1と同様に、フレネルレンズシート10のシート厚さが薄いことから、光出射面12のフレネル凸レンズにおける、投写画像光の不要反射に起因するゴーストが目立たなくなる効果がある。

【0520】図79においては、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズの形状を、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形をなす凹形レンチキュラーレンズとを、交互に連続して複数配列した形状としているが、これに限定されるわけではなく、前述の各実施例において例示されているような各種の形状の横長レンチキュラーレンズとしてもよい。

【0521】次に、本発明の第十の実施例を図80により説明する。

【0522】図80は本発明の第十の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図79と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0523】本実施例と図79に示した第九の実施例との違いは、第九の実施例においては図79に示したように、フレネルレンズシート10の光入射面11のみの形状がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっているのに対し、本実施例においては、図80に示すように、フレネルレンズシート10の光入射面11のほか、図68に示した第六の実施例と同様に、光吸収シート40の光入射面41の形状もスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっている点にある。

【0524】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズと、光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズに分散して行う構成とする。また、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40とも、基材中に光拡散材6を含有しない構成とする。

【0525】本実施例においては、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31の縦長レンチキュラーレンズと光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズとを、相互に近接するように配置して

いるため、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大するために、光吸収シート40の横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくしても、フォーカス特性は低下することがない。

【0526】また、画像の明るさについては、第九の実施例と同様である。

【0527】一方、本実施例においては、外光に対する光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズにおけるスクリーン正面方向への反射光が、図79に示した第九の実施例の場合より多くなるため、画像のコントラストは第九の実施例の場合より低下する。しかしながら、本実施例において、さらに、光吸収シート40の光入射面41表面全体に、微細な凹凸形状を設けたり、光学的反射防止膜を設けたりして、防眩処理を施すことにより、コントラストの補償が可能である。

【0528】したがって、本実施例においても、画像のフォーカス特性、明るさ及びコントラストをとともに向上させるとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0529】本実施例においても、横長レンチキュラーレンズの形状として各種の形状が採用できる。

【0530】図81は、本実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図80と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0531】図81に示す透過型スクリーン1では、フレネルレンズシート10の光入射面11、光吸収シート40の光入射面41とも、横長レンチキュラーレンズとして、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形をなす凹形レンチキュラーレンズとを、スクリーン画面垂直方向に交互に連続して複数並べた形状になっている。

【0532】本実施例においては、画像のフォーカス特性、明るさ、コントラスト、及びスクリーンの成形性をともに向上するとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0533】なお、本実施例において、スクリーン画面垂直方向の光拡散を、主として、フレネルレンズシート10の横長レンチキュラーレンズ、または光吸収シート40の横長レンチキュラーレンズにより行い、他方のレンチキュラーレンズにより補助的に光拡散を行う場合は、補助的に光拡散を行うレンチキュラーレンズの方は従来の透過型スクリーンのフレネルレンズシートの光入射面の横長レンチキュラーレンズと同様に、画像発生源側に凸形となる凸形レンチキュラーレンズのみをスクリーン画面垂直方向に配列する構成としてもよい。これは、補助的に光拡散を行うレンチキュラーレンズの方は、形状がより平面に近く、スクリーンの成形性に問題が少ないからである。

【0534】次に、本発明の第十一の実施例を図82により説明する。

【0535】図82は本発明の第十一の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図80と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0536】本実施例と図80に示した第十の実施例との違いは、第十の実施例においては図80に示したように、フレネルレンズシート10の光入射面11と光吸収シート40の光入射面41の形状がともにスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっているのに対し、本実施例においては、図82に示すように、光吸収シート40の光入射面41のみの形状がスクリーン画面水平方向を長手方向とする横長レンチキュラーレンズをスクリーン画面垂直方向に複数並べた形状になっている点にある。

【0537】本実施例においては、スクリーン画面垂直方向の光拡散は、光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズにより行う構成とする。また、第二のレンチキュラーレンズシート30は、基材中に光拡散材をほとんど含有しない構成とする。

【0538】さて、光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズの形状について、以下、詳細に説明する。

【0539】まず、垂直観視角 β の拡大のための技術手段を図83を用いて説明する。

【0540】図83は図82における光吸収シート40のC部（画面垂直方向断面）の拡大図である。

【0541】図83において、光吸収シート40の光入射面41の横長レンチキュラーレンズは、第二のレンチキュラーレンズシート30から出射し光吸収シート40の光入射面41に入射する光束を、画面垂直方向に拡散する機能を有している。これは、入射光束が同じ走査線、または同じ画素の光線であっても、光入射面41への入射位置の違いにより入射角が違ってくるため、異なる角度に屈折する現象に基づいている。

【0542】すなわち、入射光束の各光線は、光入射面41の横長レンチキュラーレンズに入射して屈折した後、それぞれ各焦点で集光し、その後、発散しながら光出射面42に向かい、入射光束は全体的に拡散されることになる。

【0543】よって、このような拡散機能を持たせるために、本実施例においては、光軸1、1'近傍のレンズ形状（映像光源側に凸；集光作用）を弱い凸形状とすることにより、そのレンズ作用を弱くし、光軸1、1'から離れるに従い、前記凸形状が強くなる形状とすることにより、そのレンズ作用を強くしている。

【0544】すなわち、言い替えれば、光軸1、1'近傍のレンズ作用による焦点距離に比べ、光軸1、1'から離れた部分のレンズ作用による焦点距離を短くしている。このため、光入射面41の横長レンチキュラーレンズでの屈折力が、光軸1、1'から離れるに従い強くな

り、この部分を通過する光束は、光軸 1、1' 近傍を通過する光束に比べて、より大きく屈折し、広い垂直指向特性が実現できる。

【0545】以上の原理は、前述した図 1 の実施例における第一のレンチキュラーレンズシート 20 の横長レンチキュラーレンズの場合と同様である。

【0546】表 19 に、光吸収シート 40 の横長レンチキュラーレンズの設計例を示す。なお、表 19 において、光出射面の曲率半径が ∞ とあるのは、光出射面 42 の形状が平面であることを示している。

【0547】

【表 19】

表 19

レンズ面		光入射面 S_0	光出射面 S_1
曲率半径	RD	0.09	∞
非球面係数	CC	4.06	0.0
	AE	0.0	0.0
	AF	0.0	0.0
	AG	0.0	0.0
	AH	0.0	0.0
有効半径	P/2	0.04	—
面間隔	t	3.0	
屈折率		1.493	

【0548】図 84 は、表 19 の設計例による光吸収シート 40 を有する透過型スクリーンのスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【0549】図 84 に示すように、垂直観視角 β は ± 74 度と非常に広い範囲においてスクリーン上の映像が観視できる。また、実用上最も重要な 50% 輝度（スクリーンの観視位置を垂直方向に任意変えた場合に得られる最大輝度に対する相対値）となる垂直観視角 β は ± 10 度と実用上十分な性能を得ている。

【0550】次に、光吸収シート 40 の光入射面の形状に関するレンズ作用の変化について、前述した図 31 を用いて説明する。

【0551】図 31 において、縦軸は光吸収シート 40 の光入射面の形状を規定する数 2 を 2 次微分した関数に半径方向の距離を代入した値であり、横軸はレンズ有効半径 $P/2$ に対する半径方向の相対距離（相対半径）である。そして、実線 1 は従来技術のスクリーンの特性を、一点鎖線 3 は表 19 のレンズ形状のデータに対応したスクリーンの特性を、それぞれ示している。なお、破線 2 については既に説明した。

【0552】前述したように、この 2 次微分した値の増減を見ることによりレンズの半径方向の各位置によるレンズ作用の変化が判る。すなわち、本実施例の入射面のレンズ形状は、一点鎖線 3 に示すように、この 2 次微分値が光軸 1、1' から離れるに従い正となる。このため、レンズ作用（映像光源側に凸）が強まる形状となっている。一方、従来技術のレンズ形状は、実線 1 に示すように、この 2 次微分値が正ではあるが、光軸 1、1' から離れても値が増加しない。このため、レンズ作用（映像光源側に凸）が変化しない形状となっている。

【0553】このとき、光吸収シート 40 の光入射面 41 は、第二のレンチキュラーレンズシート 30 の光出射

面 32 に近接しており、入射光束 140 のスクリーン画面水平方向の光拡散の開始点とスクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点とが近接していることになるので、フォーカス特性が低下することがない。

【0554】なお、本実施例では、照明光などの外光があるとき、その外光に対する光吸収シート 40 の光入射面 41 の横長レンチキュラーレンズにおけるスクリーン正面方向への反射光が、図 79 に示した第九の実施例の場合より多くなり、画像のコントラストが低下する。しかしながら、本実施例においても、図 80 に示した第十の実施例と同様に、光吸収シート 40 の光入射面 41 表面全面に、微細な凹凸形状を設けたり、光学的反射防止膜を設けるなどの防眩処理をすることにより、コントラストの補償が可能である。

【0555】したがって、本実施例においても、画像のフォーカス特性、明るさ、コントラスト、及びスクリーンの成形性をともに向上するとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0556】本実施例においても、横長レンチキュラーレンズの形状として各種の形状が採用できる。

【0557】図 85 は、本実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図 82 と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0558】図 85 に示す透過型スクリーン 1 では、光吸収シート 40 の光入射面 41 の横長レンチキュラーレンズの形状が、図 81 の場合と同様に、画像発生源側に凸形をなす凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形をなす凹形レンチキュラーレンズとを、スクリーン画面垂直方向に交互に連続して複数並べた形状になっている。

【0559】図 86 は、図 85 の透過型スクリーン 1 の

垂直断面を示す断面図であり、140は入射光束である。

【0560】図85の構成の透過型スクリーン1においては、第二のレンチキュラーレンズシート30の基材30Bの中には、光拡散材6が分散されていないので、図86に示すように、フレネルレンズシート10に入射した入射光束140は、スクリーン画面垂直方向に拡散されることなくフレネルレンズシート10と第二のレンチキュラーレンズシート30を透過し、光吸収シート40の光入射面41においてはじめて横長レンチキュラーレンズの形状によりスクリーン画面垂直方向に拡散されるため、画像観視側から見たときの入射光束140に対する出射光束のスクリーン画面垂直方向の幅dは、概ね第二のレンチキュラーレンズシート30の光出射面32上に現れる光束の幅で認識されることになり、良好なフォーカス特性が得られる。

【0561】このとき、光吸収シート40の光入射面41は、第二のレンチキュラーレンズシート30の光出射面32に近接しており、入射光束140のスクリーン画面水平方向の光拡散の開始点とスクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点とが近接していることになるので、フォーカス特性が低下することがない。

【0562】このような構成としても、画像のフォーカス特性、明るさ、コントラスト、及びスクリーンの成形成性をともに向上するとともに、スクリーン画面水平方向、及び垂直方向の指向特性を拡大できる効果がある。

【0563】なお、本実施例において、図82、図85に示した光吸収シート40は、光入射面41に、横長レンチキュラーレンズを複数配列する構成となっているが、横長レンチキュラーレンズを配列する面は光入射面41に限定されるものではなく、光出射面42にも横長レンチキュラーレンズを複数配列する構成としてもよい。

【0564】図82に示した第十一の実施例の透過型スクリーン1において、光吸収シート40の光入射面41と光出射面42を反転させた場合、入射光束の各光線は、フレネルレンズシート10、第二のレンチキュラーレンズシート30を経て、光吸収シート40の光入射面41に入射し、光出射面42の横長レンチキュラーレンズ面に向かう。光出射面42の横長レンチキュラーレンズ面については、前述したように、光軸1、1'近傍のレンズ形状(映像観視側に凸)を弱い凸形状とすることにより、そのレンズ作用を弱くし、光軸1、1'から離れるに従い、前記凸形状が強くなる形状とすることにより、そのレンズ作用を強くしている。このため、横長レンチキュラーレンズでの屈折力が光軸1、1'から離れるに従い強くなり、この部分を通過する光束は、光軸1、1'近傍を通過する光束に比べて、より大きく屈折し、広い垂直指向特性が実現できる。

【0565】図87は、表19に示した光吸収シート4

0の設計例において、光入射面41と光出射面42の形状を入れ替えた構成とした場合のスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【0566】図87に示すように、垂直観視角 β は ± 44 度と広い範囲においてスクリーン上の映像が観視できる。また、実用上最も重要な50%輝度(スクリーンの観視位置を垂直方向に任意に変えた場合に得られる最大輝度に対する相対値)となる垂直観視角 β は ± 10 度と実用上十分な性能を得ている。

【0567】また、本実施例における光吸収シート40の光出射面42の横長レンチキュラーレンズのレンズ作用の変化の特性は、図31の一点鎖線3で示した特性に対し、横軸を中心軸として軸対称となるような特性となる。

【0568】以上説明したように、本実施例においても、図82に示した透過型スクリーンと同様の効果を得ることができる。

【0569】次に、本発明の第十二の実施例について説明する。

【0570】図88は本発明の第十二の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【0571】図88において、透過型スクリーン1は、フレネルレンズシート10、マイクロレンズシート50の2枚構成である。フレネルレンズシート10、マイクロレンズシート50は端部(図示せず)で相互に固定されている。10B、50Bはそれぞれフレネルレンズシート10、マイクロレンズシート50の基材であり、いずれもほぼ透明な熱可塑性樹脂材料より成る。

【0572】フレネルレンズシート10の光入射面11は、本実施例では平面となっており、光出射面12はフレネル凸レンズ形状となっている。

【0573】また、51はマイクロレンズシート50の光入射面であり、マイクロレンズ素子を画面水平方向及び画面垂直方向に連続して並べた形状となっている。52はマイクロレンズシート50の光出射面であり、マイクロレンズ素子を、光入射面51のマイクロレンズ素子にはほぼ対向して、画面水平方向及び画面垂直方向に連続して並べた形状となっている。さらに、光出射面52のマイクロレンズ素子相互間の境界部分には、凸形突起部52Pが設けられ、その上に有限幅の光吸収層53が設けられている。

【0574】すなわち、本実施例は、図71に示した第八の実施例において、フレネルレンズシート10の光入射面11を平面とし、さらに、第二のレンチキュラーレンズシート30に代えて、光入射面51及び光出射面52にマイクロレンズ素子を有するマイクロレンズシート50を新たな構成要素として加えたものである。

【0575】本実施例において、マイクロレンズシート50の光入射面51に設けられたマイクロレンズ素子は、前述の第八の実施例におけるフレネルレンズシート

10の光入射面11に設けられた横長レンチキュラーレンズと、第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31に設けられた第一の縦長レンチキュラーレンズに代わるものである。

【0576】すなわち、マイクロレンズシート50の光入射面51におけるマイクロレンズ素子は、画面水平方向断面の形状が図7に示した第一の縦長レンチキュラーレンズの形状と同様の形状、画面垂直方向断面の形状が図29に示した横長レンチキュラーレンズの形状と同様の形状となっている。

【0577】したがって、本実施例においても図71の第八の実施例と同様の効果が得られる。

【0578】ところで、上記の第一ないし第三の実施例、及び第八の実施例においては、フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30のいずれも光拡散材6を含有しない構成としたが、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30のうちの1枚、もしくは2枚に光拡散材6をごく少量分散させ、光拡散を補助的に行わせてもよい。また、上記の第四ないし第七の実施例、及び第九ないし第十一の実施例においては、フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40のいずれも光拡散材6を含有しない構成としたが、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40のうちの1枚、もしくは2枚、もしくは3枚全てに光拡散材6をごく少量分散させ、光拡散を補助的に行わせてもよい。これらの場合、光拡散材6による光拡散が補助的なものである限りは、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大しても、画像のフォーカス特性及びコントラストは良好となり、光拡散材6を有しない場合に近い効果が得られる。その一例について、以下に説明する。

【0579】図89は、図82に示す第十一の実施例において、第二のレンチキュラーレンズシート30の基材30Bの内部に光拡散材6を微量混入したもので、他の構成は図82と同様である。

【0580】この場合、第二のレンチキュラーレンズシート30は、従来技術のレンチキュラーレンズシート30'と異なり、光拡散材を微量にしか有していない。したがって、光入射面31への入射光線が光出射面32に至る前に光拡散材6により散乱されて迷光を生じたりすることがほとんどなく、さらに、光出射面32に入射した外光が光拡散材6により散乱されたりすることもほとんどないので、従来技術のスクリーンに比較して、飛躍的に画像のコントラストが向上すると共に、光拡散材によるフォーカス特性の劣化がほとんど生じない。

【0581】なお、上記の場合、透過型スクリーンにおいて、スクリーン画面垂直方向の指向特性における、光

拡散材と横長レンチキュラーレンズのそれぞれの寄与分を分離して設計してもよい。たとえば、スクリーン画面垂直方向の指向特性において、光拡散材は主として画面正面方向付近の光拡散を行い、横長レンチキュラーレンズは主として画面正面方向から離れた方向の光拡散を行うようにしてもよい。この場合も、光拡散材の量が微量である限りは上記の各実施例と同様の効果が得られるほか、横長レンチキュラーレンズの断面形状がサグ量の比較的小さい形状となり、製造時の成形性が向上する効果がある。

【0582】次に、本発明の第十三の実施例について説明する。

【0583】図90は本発明の第十三の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図であり、図71と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0584】本実施例の透過型スクリーン1は、フレネルレンズシート10と第二のレンチキュラーレンズシート30の2枚構成である。

【0585】本実施例と図71に示した第八の実施例との違いは、第八の実施例においては図71に示したように、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズによりスクリーン画面垂直方向の光拡散を行う構成となっているのに対し、本実施例においては、第二のレンチキュラーレンズシート30の基材30Bの内部に光拡散材6を少量混入し、スクリーン画面垂直方向の光拡散を光拡散材6によって全面的に行い、フレネルレンズシート10の光入射面11の横長レンチキュラーレンズをなくした点にある。ただし、光拡散材6の量は、図106に示した従来の透過型スクリーンにおける縦長レンチキュラーレンズシートより少ない量となっている。

【0586】第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズは、その断面形状が高次の非球面を成し、その2次微分値は、前述の第一の実施例における第四の設計例または第五の設計例において説明した条件式を満足している。すなわち、非球面に関する2次微分関数 $Z''(x)$ が楕円に関する2次微分関数 $G''(x)$ に対し、数8及び数9を満足するか、または、数8及び数10を満足している。

【0587】本実施例では、スクリーン画面垂直方向の光拡散に、前記の各実施例で採用されていた非球面の横長レンチキュラーレンズを採用していないため、スクリーン画面垂直方向の指向特性としては裾の広い特性は得られないが、スクリーン画面水平方向の指向特性は、前述の第一の実施例において説明した指向特性に対して光拡散材6による拡散特性を加味したものとなる特徴がある。すなわち、指向特性の観視輝度の分布がゆるやかなものになって、観視輝度の特異点などは目立たなくなり、さらに、画面正面から観視する場合の最高輝度が低下するために、各観視角度での相対的な観視輝度が上が

ることになる。この結果、縦長レンチキュラーレンズの断面形状に歪が発生しても、観視輝度の特異点の発生や、カラーシフトの増大をある程度緩和できる効果がある。

【0588】本実施例の透過型スクリーン1においては、前述の各実施例の透過型スクリーンと同様にカラーシフトが少なく、かつ製造時に発生する歪に対して指向特性の劣化が少ない効果がある。

【0589】なお、光拡散材6の量を増すと、コントラストの劣化、光の利用率の低下、また成形上の困難などの問題が生じるが、本実施例の透過型スクリーンでは、輝度の急激な変化の少ない指向特性を得ることができるため、図106に示した従来の透過型スクリーンにおけるレンチキュラーレンズシート30'より、光拡散材6の量を減らすことができ、上記のような問題を生じることが少ない。

【0590】ところで、上記の各実施例において、フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30、光吸収シート40、マイクロレンズシート50のいずれかの面に反射防止膜を設けるようにしてもよい。このようにした場合は、画像そのもののコントラストを向上させることができる。以下、このような反射防止膜を設けた透過型スクリーンを、上記各実施例の応用例として、図91、図92を用いて説明する。

【0591】図91、図92は、それぞれ、第八の実施例の応用例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【0592】図91の応用例では、画像発生源側に最も近い位置に配置されるフレネルレンズシート10の光入射面11に反射防止膜111を設けている。このようにすることにより、セット内部での迷光を低減でき、画像のコントラストを向上させる効果がある。

【0593】図92の応用例では、画像観視側に最も近い位置に配置される第二のレンチキュラーレンズシート30の光入射面31に反射防止膜311を設けている。このようにすることにより、フレネルレンズシート10と第二のレンチキュラーレンズシート30の間の多重反射により生じる迷光を低減でき、画像のコントラストを大幅に向上させる効果がある。

【0594】このほか、たとえば第一の実施例のように、第一のレンチキュラーレンズシート20を構成要素として有する透過型スクリーンでは、第一のレンチキュラーレンズシート20の光入射面21、光出射面22に反射防止膜を設けてもよい。このようにすることで、フレネルレンズシート10と第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30の間の多重反射により生じる迷光を低減でき、画像のコントラストを大幅に向上させる効果がある。

【0595】なお、透過型スクリーンの各面に反射防止

膜を設ける具体的な方法としては、例えば、旭硝子（株）製の非晶質フッ素樹脂（商品名：サイトップ（Cytotop））を特定濃度のパーフルオロ溶剤に溶解し、この溶液を所望の膜厚を得ようスピンコート、ディップコート等によりスクリーンの面に塗布するなどの方法がある。ちなみに、このサイトップのD線（波長589nm）に対する屈折率は1.34であり、従来からある反射防止膜より、良好な性能が得られる。

【0596】また、第十二、及び第十三の実施例において、第二のレンチキュラーレンズシート30については、前記の第一ないし第三、及び第八の実施例と同様に、画像観視側の光出射面32の表面に防眩処理、帯電防止処理、ハードコーティングなどの表面硬化処理等の処理を施してもよい。防眩処理を行った場合は、スクリーン画面への、観視者側の物体、あるいは照明光などの映り込みを低減できる効果がある。また、帯電防止処理を行った場合には、第二のレンチキュラーレンズシート30表面の帯電により塵埃が付着するのを防止できる効果がある。また、表面硬化処理を施した場合には、観視者側から何らかの物体が衝突しても第二のレンチキュラーレンズシート30の表面に傷がつきにくくなる効果がある。

【0597】また、さらに、前述の第四ないし第七、及び、第九ないし第十一の実施例において、光吸収シート40については、画像観視側の光出射面42の表面に防眩処理、帯電防止処理、ハードコーティングなどの表面硬化処理等の処理を施してもよい。光吸収シート40にこれらの処理を施した場合には、第二のレンチキュラーレンズシート30についてこれらの処理を施した場合に生じる効果と同様の効果が光吸収シート40に生じる。

【0598】また、上記の各実施例においては、第二のレンチキュラーレンズシート30の光出射面32の第二の縦長レンチキュラーレンズとして、光入射面31の第一の縦長レンチキュラーレンズの形状と同様、非球面形状のレンチキュラーレンズを設ける構成としたが、光出射面32が単に平面で、前述の光吸収帯33のみが設けられている構成としてもよい。この場合、光出射面32に第二の縦長レンチキュラーレンズを設ける場合と比較すると、画像のカラーシフトはやや大きくなるが、そのほかの性能については同等の効果が得られる。

【0599】さて、上記の各実施例においては、非球面の横長レンチキュラーレンズを採用することにより、モアレを低減できる効果がある。その詳細については、前述の第一の実施例の説明において述べた通りである。

【0600】ここで、画面に生じるモアレをさらに軽減する手段について、前記の第一の実施例を例にとり説明する。

【0601】モアレは、スクリーンの構成要素であるフレネルレンズシート10上の同心円群と第一、第二のレンチキュラーレンズシート上の直線群とが重なりあい、

その交点を結んだ軌跡として発生する。このモアレは、レンチキュラーレンズシート上の直線が縦線である場合にはスクリーン中央から水平方向へ、横線である場合にはスクリーン中央から垂直方向へ、縦線と横線が同時に存在する場合にはスクリーン中央から多様な斜め方向へ放射状に延びる。

【0602】こうしたモアレ縞を低減する方策として種々のアイデアが考案されており、特に光拡散材がある程度混入されても目立っているフレネルレンズシートの同心円とレンチキュラーレンズシートの縦線とが重なった時のスクリーン画面水平方向のモアレ対策として、特開昭60-263932号公報や特開昭59-95525号公報等数件が開示されている。しかし、上記の構成に横長レンチキュラーレンズの横線が加わったときの放射状モアレ対策について現時点で開示されている出願は特開昭62-121436号公報だけである。この出願は、試験的に作成したサンプルの目視評価と、それを裏付ける原理的な根拠を示した出願であるが、斜め方向に発生するいくつもの縞の強さ(目立ち易さ)を分類把握し最適条件を見出すには原理検討が不十分であり、普遍性に欠ける。

【0603】またさらに、上記の2種類のモアレを抜本的に回避する方策として特開昭59-69747号公報に開示されたような、ピッチを乱数で与えたフレネルレンズシートやレンチキュラーレンズシートを使用することも有効と考えられるが、具体的なピッチの種類、数値等が与えられておらず、また実際に製造するための具体的な指針が無いため実際の効果が不明である。

【0604】そこで、ここでは、フレネルレンズシートと、縦長レンチキュラーレンズ、横長レンチキュラーレンズを有する透過型スクリーンにおいて、上記の斜め方向へ放射状に伸びるモアレを抑制するための設計方法について、まず概要を説明する。

【0605】従来、モアレは上記のような円弧と直線の交点の軌跡の集合体として考えられており、縦長レンチキュラーレンズを有する従来のレンチキュラーレンズシートは、図93に示したようなブラックストライプの黒い線を有し、フレネルレンズシートは、図94、図95に示すような陰影部(無出射領域)を有するため、その黒い線の重なりあった交点群が、モアレとして出現すると考えられていた。しかし実際には、フレネルレンズシートの円弧状の無出射領域がレンチキュラーレンズシート上の個々のレンズによって、例えば、図97のように結像され、陰影部の点列群を形成し、それらが幾何学的な縞模様となって出現する。結像状態が虚であるか実であるかは、レンチキュラーレンズシートのパワーとシート間の配置関係によって決まるが、こうした光学的作用によって、単なる円と直線の交点群によるモアレよりも強調された縞が発生する。したがって、モアレの強さは、従来から指摘されてきたフレネルレンズシートとレ

ンチキュラーレンズシートの相互のピッチ関係に加え、上に述べたようにレンチキュラーレンズシートの光学作用による強調によっても変化する。本発明者等はこのようなモアレの強さを、幾何学的なものと同様の2つの観点から計算と実験によって評価し、モアレを目視困難とするピッチ関係と配置関係を把握した。

【0606】後述の設計例では、これらの現象の主因となる各構成要素のピッチ関係と、構成と縞の発生方向に依存した光学的作用を検討することによってモアレを低減する。

【0607】この斜めのモアレの強さは、フレネルレンズの同心円群とレンチキュラーレンズの縦横の直線群の重ね合わせた場合の交点群の密度と、縦横のレンチキュラーレンズによって結像される各交点の像の大きさに依存する。それぞれは、フレネルレンズ上の円弧と直線の交差角によって変化し、横長レンチキュラーレンズとフレネルレンズのピッチ関係によってほぼ決定されることから、これを所定値に設定することによってモアレを回避する。以下、さらに詳細に説明する。

【0608】図93は、第一の実施例と同様の3枚構成の透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。図93において、フレネルレンズシート10は光出射面12にフレネル凸レンズが設けられており、画面の中心部付近を通る光軸を中心軸として同心円状の角形プリズムが順次配列された構成となっている。

【0609】この3枚構成の透過型スクリーン1において、フレネルレンズシート10の光入射面11に投写レンズからの投写光束が入射し、フレネルレンズシート10、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30を透過して外部に拡散される。図93においては、フレネルレンズシート10のフレネル凸レンズ面は、光出射面12に配置されており、この場合、スクリーン周辺部における輝度むらを抑制するのに効果がある。

【0610】図94はフレネルレンズシート10の断面を示す断面図である。

【0611】図94に示すように、フレネルレンズシート10を透過した光は、フレネル凸レンズ面の立ち上がり部分で遮光され、その部分を透過できない。その結果、この立ち上がり部分は無出射領域となる。

【0612】図95はフレネルレンズの無出射領域の正面形状を示す平面図であり、上記の無出射領域は、正面から見た場合に図95に示すような同心円状の陰影群を形成する。これらの陰影群が、第一のレンチキュラーレンズシート20、第二のレンチキュラーレンズシート30の個々のレンチキュラーレンズにより像を形成し、それらが幾何学的な目立ちやすい点列群として整列した場合、観視側にはモアレ縞となって出現する。

【0613】特に、図93に示した3枚構成の透過型スクリーンにおいては、スクリーン中央から幾つもの方向

へ放射状のモアレが大きく発生する。

【0614】図96は、そのスクリーン画面斜め方向のモアレの発生状態を模式的に示す平面図である。

【0615】また、図97は、フレネルレンズシートの無出射領域の、横長レンチキュラーレンズによる像の例を示す平面図である。

【0616】図96に示すスクリーン画面斜め方向のモアレは、フレネルレンズシートの無出射領域が、第一のレンチキュラーレンズシート20の横長レンチキュラーレンズによって像を形成したとき、図97に示すように、その陰影群がほぼ画面垂直方向に並ぶ方向が存在し、その縦に並んだ陰影群が第二のレンチキュラーレンズシート30の縦長レンチキュラーレンズと重なりあって斜め方向に放射状の縞を形成することにより発生する。

【0617】図98にスクリーン画面斜め方向のモアレの表示例を示す。

【0618】これは図96のスクリーン画面上の第1象限（画面の右半分の上半分）にあたる領域において、フレネルレンズの陰影部が第一、第二のレンチキュラーレンズシートの横長レンチキュラーレンズと縦長レンチキュラーレンズによってサンプリングされ、光学的に拡大された点列群を表示した例である。この例によってもわかるようにフレネルレンズの中心から多数の方向に放射状にモアレが延びる。

【0619】図97は、図96において破線で囲った θ 方向の点列の構造を拡大して示している。この方向 θ は、図97において $i=0$ 、 $j=0$ の交点から数えて $i=i_0$ 、 $j=j_0$ 番目の交点が垂直に並ぶと考え、 P_f をフレネルレンズのピッチ、 P_v を横長レンチキュラーレンズのピッチ、 i_0 、 j_0 を任意の自然数とすると数32で表示される。

【0620】

【数34】 $\theta = \text{Arccos}(i_0 P_f / j_0 P_v)$

また、縞の周波数は、縦長レンチキュラーレンズのピッチ P_h と $P_f / \sin \theta$ の差で与えられる。

【0621】こうして発生する縞自体の強さは、この縞を構成するフレネルレンズ陰影部の個々の点が散在する密度と、縦長レンチキュラーレンズ、横長レンチキュラーレンズによって拡大あるいは変形された個々の点の大きさに依存し、各々のパラメータはフレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v の比に依存する。

【0622】図99は、ピッチ比 P_f / P_v とモアレの強さの関係を計算した結果を示す特性図である。

【0623】図99において、 i 、 j の組合せによって発生する縞の種類（方向、強さ）は異なるので、様々な曲線が描かれているが、個々の線に関しては、ピッチ比が大きくなるとモアレの強度は徐々に大きくなり、あるポイントでピークに達し、それ以上では消滅する。その

間、スクリーン上での縞の発生方向は、水平に近い方向から徐々に垂直方向へ移動し、ちょうど垂直となったところで消滅する。

【0624】実験によってサンプル評価した結果、個々の構成要素（フレネルレンズ、横長レンチキュラーレンズ、縦長レンチキュラーレンズ）に光拡散材が混入されていない状態では、図99中に破線で示したレベルが検知限であることがわかった。モアレを避けるためには、このように散在するピークを避けた部分にピッチ比を設定する必要があり、そのような領域を図99に①～⑦で示す。

【0625】図99によれば、全てのモアレの強度を検知限以下とする単一ピッチは領域①と②であり、領域②はその端部で裾野が検知限をこえる部分がある。また、他の③、④、⑥の領域は、それぞれ太線で示した裾野を有し検知限を超えるが、光拡散材を少量加えたり、フレネル凸レンズと各レンチキュラーレンズの間隔を変えたり、各レンチキュラーレンズのパワーを変化させる等の遮蔽効果によって、検知限以下にすることが可能である。

【0626】こうして得られる使用可能なピッチ比の領域①、②、③、④、⑥は、具体的には、①0と0.15の間、②0.33と0.40の間、③0.5と0.6の間、④1.0と1.15の間、⑥2.0と2.34の間である。①の領域中0という数値は現実的には存在せず、光の回折等を考えた場合、0.05が実用上の最小レベルである。

【0627】図100、図101、図102は、それぞれ、②、③、④の各領域で単一ピッチを採った場合の画面上のモアレ縞の発生状況を示す平面図である。

【0628】それぞれの領域で小さな縞は多種出ているが、検知限を超えて眼に見える縞は、②の時 $i=2$ 、 $j=1$ の縞、③の時 $i=1$ 、 $j=1$ の縞、④の時 $i=1$ 、 $j=2$ の縞がある。これらの縞は、検知限をやや超える程度であり、前述したような遮蔽効果を持つ低減手段によって眼につかないようにすることが可能である。

【0629】さらに、複数種類のピッチを持つフレネルレンズシートを製造することにより、以上述べた3つの領域から2つ以上のピッチを選んで繰り返すことによって、それぞれの領域の単一の縞を回避することも可能である。

【0630】図103は、ピッチ比 (P_f / P_v) の1サイクル内の変化が、 $1.11 \Rightarrow 0.57 \Rightarrow 1.11 \Rightarrow 0.57 \Rightarrow 0.35 \Rightarrow 0.35 \Rightarrow 0.57$ という3種類の複合ピッチのフレネルレンズと横長、縦長のレンチキュラーレンズを組み合わせた場合のモアレの発生状況を示す。モアレはほとんど目立たず、光拡散材等による遮蔽は不要である。また、こうした複合ピッチには、上記のピッチ比の様々な組合せが存在するが、それらが縦長レンチキュラーレンズとモアレを起こさないように、そ

の一周期のスパンが縦長レンチキュラーレンズのピッチに対し $M+0.3 \sim M+0.7$ の範囲、あるいは、その逆数となるように設定する必要がある。ここに、 M は 0 または自然数である。

【0631】なお、上記の説明では、フレネルレンズシートの観視側に横長レンチキュラーレンズと縦長レンチキュラーレンズシートを配置した、斜めのモアレが最も強い構成の透過型スクリーンに基づいて説明したが、前記の各実施例に示したような異なった構成の透過型スクリーンに対しても有効であり、さらに、光拡散材が練り込まれたシートを使用している透過型スクリーンに対しても同様に有効である。

【0632】以上述べたモアレ軽減設計によれば、光拡散材の練り込み量の少ない透過型スクリーンにおいて、斜め方向のモアレがほとんど目立たない透過型スクリーンを実現でき、モアレ妨害のない高品位の画像を表示する背面投写型画像ディスプレイ装置を提供することが可能となる。

【0633】さて、最後に、上記の第一ないし第十三の実施例の透過型スクリーン 1 を備えた背面投写型画像ディスプレイ装置について説明する。

【0634】上記の各実施例の透過型スクリーン 1 を用いて、図 2 に示したような背面投写型画像ディスプレイ装置を構成するにあたっては、以下のような従来からあるコントラスト向上策を併用するのが好ましい。

【0635】すなわち、図 2 に示した投写型ブラウン管 7 G と投写レンズ 8 G を結合する結合器 9 G において、投写レンズ 8 G を構成するレンズ群のうち最も投写型ブラウン管 7 G 側に配置されるレンズ素子を、投写型ブラウン管 7 G 側が凸面であつ透過型スクリーン側が凹面となる凹レンズとし、この凹レンズと投写型ブラウン管 7 G との間に生じる空間に液体冷媒を封入するのである。

【0636】図 104 は図 2 の背面投写型画像ディスプレイ装置における投写型ブラウン管と投写レンズの結合部の断面を示す断面図である。

【0637】図 104 において、7 G は緑の投写型ブラウン管、8 G は投写型ブラウン管 7 G 用の投写レンズ、9 G は投写型ブラウン管 7 G と投写レンズ 8 G を結合する結合器、8 1、8 2、8 3、8 4 は投写レンズ 8 G のそれぞれ第一、第二、第三、第四のレンズ素子、8 5 はレンズ鏡筒である。

【0638】第一のレンズ素子 8 1 は、投写型ブラウン管 7 G 側が凸面であつ透過型スクリーン側が凹面となる凹レンズとなっており、このレンズ素子 8 1 と投写型ブラウン管 7 G との間の空間に液体冷媒 9 1 が封入されている。投写型ブラウン管 7 G の液体冷媒 9 1 に接する部分は通常ガラスからなり、レンズ素子 8 1 はガラスまたはプラスチックからなり、液体冷媒 9 1 としてはエチレングリコール、水、グリセリンなど、もしくはこれらの

混合液が用いられる。

【0639】このとき、液体冷媒 9 1 がなく、投写型ブラウン管 7 G とレンズ素子 8 1 との間に単に空気があるに過ぎない場合は、投写型ブラウン管 7 G から出射しレンズ素子 8 1 に至る画像光の一部が、投写型ブラウン管 7 G と液体冷媒 9 1 との境界面、及び液体冷媒 9 1 とレンズ素子 8 1 との境界面における光の反射損失により、投写光学系内の迷光となり、この迷光が背面投写型画像ディスプレイ装置の投写光学系内、もしくは筐体内を往來した末に透過型スクリーンに至ると、画像のコントラストとして高いコントラストが得られない。

【0640】これに対し、液体冷媒 9 1 がある場合は、投写型ブラウン管 7 G、液体冷媒 9 1、レンズ素子 8 1 の屈折率がいずれも 1.5 前後の近い値となるため、投写型ブラウン管 7 G から出射しレンズ素子 8 1 に至る画像光は、投写型ブラウン管 7 G と液体冷媒 9 1 との境界面、及び液体冷媒 9 1 とレンズ素子 8 1 との境界面における光の反射損失がきわめて少なく、良好な画像のコントラストが得られる。

【0641】上記の説明では、緑の投写型ブラウン管と投写レンズの組合せについて説明したが、赤と青の投写型ブラウン管と投写レンズの組合せについても同様である。

【0642】したがって、凹レンズと投写型ブラウン管 7 G との間の空間に液体冷媒を封入するという上記のコントラスト向上策を、上記の各実施例の透過型スクリーンと併用することにより、画像のコントラストがより一層良好な背面投写型画像ディスプレイ装置が得られる。

【0643】なお、図 104 においては、投写レンズ 8 G は 4 枚のレンズ素子から構成されているが、このような投写レンズとしては、たとえば、特開平 1-250916 号公報に開示されている投写レンズを適用することができる。しかしながら、投写レンズの構成はこれに限定されるものではなく、たとえば特開平 3-246512 号公報、特開平 3-276113 号公報、米国特許 4963007 号に開示されている投写レンズなども適用することができる。

【0644】また、上記の各実施例の透過型スクリーン 1 を用いて、図 2 に示したような背面投写型画像ディスプレイ装置を構成するにあたっては、以下のような従来からある画像のフォーカス特性の向上策を併用するのが好ましい。

【0645】すなわち、図 2 に示した反射鏡 110 として、反射鏡 110 の基材の表面のうち、投写レンズ 8 G 及び透過型スクリーン 1 に対向する側の表面上に光反射性光学薄膜を成膜された構成にするのである。もしくは、反射鏡 110 の基材 110 B の表面のうち、投写レンズ 8 G 及び透過型スクリーン 1 に対向する側の表面上に反射防止膜を設けるとともに、この面と反対側の基材 110 B の表面上に光反射性光学薄膜 111 を成膜され

た構成とするのである。

【0646】図105は図2の背面投写型画像ディスプレイ装置における反射鏡110の拡大断面図である。

【0647】図105において、110Bは反射鏡110の基材であり、通常はガラス板よりなる。また、100'は入射光線、111は光反射性光学薄膜である。

【0648】また、図105において、(a)は反射鏡110の基材110Bの表面のうち、投写レンズ8G及び透過型スクリーン1に対向する側の表面上に光反射性光学薄膜111を成膜された構成の反射鏡を、(b)は反射鏡110の基材110Bの表面のうち、投写レンズ8G及び透過型スクリーン1に対向する側の反対側の表面上に光反射性光学薄膜111を成膜された構成の反射鏡を、それぞれ示している。

【0649】図105(b)に示す反射鏡110においては、入射光線100'は反射鏡110の基材110B内で多重反射を起こすことから、反射光が広がってしまい、この結果、透過型スクリーン1上で良好な画像のフォーカス特性が得られない。

【0650】これに対し、図105(a)に示す反射鏡110においては、入射光線100'は反射鏡110の投写レンズ8G及び透過型スクリーン1に対向する側の表面で反射するので、反射光が広がることがなく、透過型スクリーン1上で良好な画像のフォーカス特性が得られる。

【0651】また、図105(b)に示す反射鏡110においては、反射鏡110の投写レンズ8G及び透過型スクリーン1に対向する側の表面に反射防止膜を設けることにより、反射鏡110の基材110B内での入射光線100'の多重反射が大幅に減少することから、反射光が広がることがなく、透過型スクリーン1上で良好な画像のフォーカス特性が得られることになる。

【0652】したがって、反射鏡110として、反射鏡110の基材110Bの表面のうち、投写レンズ8G及び透過型スクリーン1に対向する側の表面上に光反射性光学薄膜111を成膜された構成にするか、もしくは、反射鏡110の基材110Bの表面のうち、投写レンズ8G及び透過型スクリーン1に対向する側の表面上に反射防止膜を設けるとともに、この面と反対側の基材110Bの表面上に光反射性光学薄膜111を成膜された構成とするという上記の画像のフォーカス特性の向上策を、上記の各実施例の透過型スクリーンと併用することにより、画像のフォーカス特性がより一層良好な背面投写型画像ディスプレイ装置が得られる。

【0653】以上の説明は、赤、緑、青の単色の投写型ブラウン管3本を用いた光学系、及びその光学系を使用した画像ディスプレイ装置に関して行ったが、ブラウン管の本数を6本、9本等に増やした場合、あるいは、映像発生源がスライドフィルムのようなカラー画像(光学系の途中で合成する場合も含む)を1本の投写レンズで

投写する光学系、及びその光学系を使用した画像ディスプレイ装置の場合についても、実質的に本発明に含まれることは言うまでもない。

【0654】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、投写型ブラウン管などの画像発生源からの投写画像光は、投写レンズを経て、透過型スクリーンに入射し、スクリーン画面水平方向には第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面及び光出射面の非球面の縦長レンチキュラーレンズにより拡散され、また、スクリーン画面垂直方向には主としてフレネルレンズシート、または第一のレンチキュラーレンズシート、または光吸収シートの光入射面あるいは光出射面に設けた非球面の横長レンチキュラーレンズにより拡散される。

【0655】したがって、本発明によれば、スクリーン画面水平方向の指向特性の大幅改善とカラーシフトの大幅低減は、上記の縦長レンチキュラーレンズの非球面形状を最適化することにより実現することができる。

【0656】また、上記の横長レンチキュラーレンズの非球面形状を最適化することにより、スクリーン画面垂直方向の指向特性を広げ、垂直視野角を増加させることができる。

【0657】さらに、マイクロレンズ素子をスクリーン画面水平、垂直方向に連続して配置して成るマイクロレンズシート50を用いる場合は、画面水平方向断面の形状及び画面垂直方向断面の形状の最適化することによって、上記と同様の指向特性を実現できる。

【0658】また、上記の横長レンチキュラーレンズとして、画像発生源側に凸形となる凸形レンチキュラーレンズと画像発生源側に凹形となる凹形レンチキュラーレンズとを用い、その両者を交互に連続して複数配列した形状の横長レンチキュラーレンズを用いる場合、これらの横長レンチキュラーレンズの曲率半径を小さくしても、隣接するレンチキュラーレンズ相互間の境界部の形状として、レンズ面が鋭い交差角で交差することがなく、したがって、成形用金型によって成形しようとした場合、横長レンチキュラーレンズの境界部の形状をほぼ完全に再現でき、スクリーンの成形性が良好となる効果がある。

【0659】また、上記の横長レンチキュラーレンズとして、上下非対称の断面形状を有する横長レンチキュラーレンズを用いる場合、スクリーン画面垂直方向の指向特性として、背面投写型画像ディスプレイ装置に好適な上下非対称の指向特性を実現でき、多様な観視位置から観視しても画面全体が明るく見える背面投写型画像ディスプレイ装置が得られるという効果がある。

【0660】また、本発明においては、フレネルレンズシート、または第一のレンチキュラーレンズシート、または光吸収シートの横長レンチキュラーレンズによってスクリーン画面垂直方向の指向特性を十分広げることが

できるので、第一のレンチキュラーレンズシート、第二のレンチキュラーレンズシート、あるいは光吸収シートには、全く光拡散材を含有させないか、または含有させるにしても微量でよい。このため、光拡散材によって画像がぼやけることが少なくなり、良好なフォーカス特性が得られる。また、入射光線が光拡散材により散乱されて迷光を生じたり、さらに、照明光などの外光が光拡散材により散乱されたりすることも少なくなるので、従来の透過型スクリーンに比較して画像の明るさ、コントラストが向上する効果がある。

【0661】さらに、本発明においては、半透明に着色された光吸収シートを画像観視側に配置するか、もしくは第二のレンチキュラーレンズシートを半透明に着色する構成としたので、照明光などの外光があるとき、投写画像光より外光の方が損失光の比率が大きくなり、コントラストがさらに向上する効果がある。

【0662】また、本発明においては、フレネルレンズシート、第一のレンチキュラーレンズシート、第二のレンチキュラーレンズシートのうち、第一のレンチキュラーレンズシートのシート厚さを最も薄くするなどの構成とすることにより、横長レンチキュラーレンズと、第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面の縦長レンチキュラーレンズとを、相互に近接するように配置していることから、入射光束のスクリーン画面水平方向の光拡散の開始点とスクリーン画面垂直方向の光拡散の開始点とが近接することになり、スクリーン画面垂直方向の指向特性を拡大しても良好な画像のフォーカス特性が得られる効果がある。

【0663】さらに、シート厚さの厚い光吸収シートを配してフレネルレンズシートのシート厚さを従来の透過型スクリーンにおけるフレネルレンズシートより薄くすることにより、フレネルレンズシートの光出射面のフレネルレンズにおける投写画像光の不要反射に起因するゴーストが目立たなくでき、さらに、フレネルレンズシートの光入射面に横長レンチキュラーレンズを設ける場合においても良好な画像のフォーカス特性が得られる効果がある。

【0664】また、光吸収シートもしくは第二のレンチキュラーレンズシートの光出射面の表面処理として、防眩処理を行ったときは、画像観視側の物体や照明光などのスクリーン画面への映り込みを防止できる効果がある。また、同じく帯電防止処理を施したときは、光吸収シートもしくは第二のレンチキュラーレンズシートの表面の帯電により塵埃が付着するのを防止できる効果がある。さらに、ハードコーティング処理などの表面硬化処理を施したときは、画像観視側から何らかの物体が衝突しても、光吸収シートあるいは第二のレンチキュラーレンズシートの表面に傷がつきにくくなる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例としての透過型スクリー

ンの要部を示す斜視図である。

【図2】図1の透過型スクリーンを用いた背面投写型画像ディスプレイ装置の要部を示す断面図である。

【図3】図2の背面投写型画像ディスプレイ装置の投写光学系を水平面上に展開したときの概略展開図である。

【図4】図1の透過型スクリーンの垂直断面を示す断面図である。

【図5】図1の透過型スクリーンの第一のレンチキュラーレンズシートの垂直断面を示す断面図である。

【図6】透過型スクリーンの各レンチキュラーレンズの非球面形状を定義するための座標系を示す図である。

【図7】図1の透過型スクリーンの縦長レンチキュラーレンズの拡散機能を説明するための説明図である。

【図8】一般的な透過型スクリーンの縦長レンチキュラーレンズの拡散機能を説明するための説明図である。

【図9】図1の透過型スクリーンの縦長レンチキュラーレンズの拡散機能を説明するための説明図である。

【図10】表1の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例によるスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図11】表1の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例による赤及び青色映像光についてのスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図12】第一の縦長レンチキュラーレンズの形状に関するレンズ作用の変化について、本発明の透過型スクリーンと従来技術の透過型スクリーンとを比較して示した特性図である。

【図13】第二の縦長レンチキュラーレンズの形状に関するレンズ作用の変化について、本発明の透過型スクリーンと従来技術の透過型スクリーンとを比較して示した特性図である。

【図14】表2の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例によるスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図15】表2の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例による赤及び青色映像光についてのスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図16】表3の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例による緑色映像光が入射した場合の光線の進行の様子を示す光線追跡図である。

【図17】表3の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例による、赤、緑、青色映像光のスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図18】表3の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例に基づく試作スクリーンによる、赤、緑、青色映像光のスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図19】表3の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例に基づく試作スクリーンの第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の実測形状を、設計形状と比

較して示す断面図である。

【図20】表3の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例に基づく試作スクリーンの第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の実測形状の、設計形状に対するサグ量の歪の大きさを示す特性図である。

【図21】第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の2次微分値を、従来技術の透過型スクリーンにおける楕円の場合と、放物線の場合とについて比較して示した特性図である。

【図22】第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の2次微分値を、表4の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例の場合と、従来技術の透過型スクリーンにおける楕円の場合とについて比較して示した特性図である。

【図23】表4の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例による、赤、緑、青色映像光のスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図24】表4の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例に対し、図20に示す歪が発生した場合の、赤、緑、青色映像光のスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図25】第一の縦長レンチキュラーレンズの断面形状の2次微分値を、表5の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例の場合と、従来技術の透過型スクリーンにおける楕円の場合とについて比較して示した特性図である。

【図26】表5の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例による、赤、緑、青色映像光のスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図27】表5の第二のレンチキュラーレンズシート30の設計例に対し、図20に示す歪が発生した場合の、赤、緑、青色映像光のスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

【図28】図1の透過型スクリーンの横長レンチキュラーレンズの拡散機能を説明するための説明図である。

【図29】表6の横長レンチキュラーレンズの設計例の形状とスクリーン画面垂直方向の光の拡散の概略を示す断面図である。

【図30】表6の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す図である。

【図31】横長レンチキュラーレンズの形状に関するレンズ作用の変化について、本発明の透過型スクリーンと従来技術の透過型スクリーンとを比較して示した特性図である。

【図32】本発明の第一の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図33】本発明の第一の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図34】本発明の第一の実施例の変形例としての透過

型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図35】本発明の第一の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図36】図35の透過型スクリーンの垂直断面を示す断面図である。

【図37】従来の透過型スクリーンにおけるフレネルレンズシート、図1の透過型スクリーンにおける第一のレンチキュラーレンズシート、及び図35の透過型スクリーンにおける第一のレンチキュラーレンズシートの垂直断面を示す断面図である。

【図38】図37に示す横長レンチキュラーレンズを用いたときの透過型スクリーン1のスクリーン画面垂直方向の指向特性の概略を示す特性図である。

【図39】表7の横長レンチキュラーレンズの設計例の形状を示す断面図である。

【図40】表7の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の光の拡散の概略を示す断面図である。

【図41】表9の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図42】表10の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図43】表11の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図44】表12の横長レンチキュラーレンズの設計例の形状を示す断面図である。

【図45】表12の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の光の拡散の概略を示す断面図である。

【図46】表13の横長レンチキュラーレンズの設計例の形状を示す断面図である。

【図47】表13の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の光の拡散の概略を示す断面図である。

【図48】表15の横長レンチキュラーレンズの設計例の形状を示す断面図である。

【図49】表15の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図50】表16の横長レンチキュラーレンズの設計例の形状を示す断面図である。

【図51】表16の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図52】上下非対称な形状の横長レンチキュラーレンズの垂直断面形状における光線追跡を示す断面図である。

【図53】図52の横長レンチキュラーレンズの断面形状を示す拡大断面図である。

【図54】上下非対称な形状の横長レンチキュラーレンズの設計において目標とするスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図55】図54のスクリーン画面垂直方向の指向特性に基づき設計した横長レンチキュラーレンズの垂直断面形状を示す断面図である。

【図56】上下非対称な形状の横長レンチキュラーレンズの設計において目標とするスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図57】図56のスクリーン画面垂直方向の指向特性に基づき設計した横長レンチキュラーレンズの垂直断面形状を示す断面図である。

【図58】図56のスクリーン画面垂直方向の指向特性に基づき設計した横長レンチキュラーレンズの、変形例の垂直断面形状を示す断面図である。

【図59】図57の横長レンチキュラーレンズの垂直断面における照明光の伝搬経路を示す断面図である。

【図60】図58の横長レンチキュラーレンズの垂直断面における照明光の伝搬経路を示す断面図である。

【図61】図61は、2段構成のマルチ画面の背面投影型画像ディスプレイ装置の透過型スクリーンにおけるスクリーン画面垂直方向の光の拡がり性を示す断面図である。

【図62】本発明の第二の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図63】本発明の第三の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図64】本発明の第四の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図65】図64の光吸収シート40における基材40Bの具体例としてのアクリルフィルターNGの色調N099の各波長の光線に対する透過率の特性を示す特性図である。

【図66】図64の光吸収シート40における基材40Bの具体例としてのアクリルフィルターNGの色調N097の各波長の光線に対する透過率の特性を示す特性図である。

【図67】本発明の第五の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図68】本発明の第六の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図69】本発明の第七の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図70】従来の透過型スクリーン及び図64の透過型スクリーンにおけるフレネルレンズシートの垂直断面を示す断面図である。

【図71】本発明の第八の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図72】本発明の第八の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図73】本発明の第八の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図74】図73の透過型スクリーンにおいて、表6の横長レンチキュラーレンズの設計例を適用したときのスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す図である。

【図75】本発明の第八の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図76】図75の透過型スクリーンの垂直断面を示す断面図である。

【図77】従来の透過型スクリーン及び図75の透過型スクリーンにおけるフレネルレンズシートの垂直断面を示す断面図である。

【図78】図75の透過型スクリーンにおけるフレネルレンズシートの他の具体例を示す断面図である。

【図79】本発明の第九の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図80】本発明の第十の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図81】本発明の第十の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図82】本発明の第十一の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図83】図82の透過型スクリーンの横長レンチキュラーレンズの拡散機能を説明するための説明図である。

【図84】表19の横長レンチキュラーレンズの設計例によるスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図85】本発明の第十一の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図86】図85の透過型スクリーンの垂直断面を示す断面図である。

【図87】本発明の第十一の実施例の変形例としての透過型スクリーンにおいて、表19の横長レンチキュラーレンズの設計例を適用したときのスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す図である。

【図88】本発明の第十二の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図89】本発明の第十一の実施例の変形例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図90】本発明の第十三の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図91】本発明の第八の実施例の応用例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図92】本発明の第八の実施例の応用例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図93】本発明の第一の実施例としての透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図94】フレネルレンズの無出射領域を示す断面図である。

ある。

【図 9 5】フレネルレンズの無出射領域の正面形状を示す平面図である。

【図 9 6】斜め方向のモアレの発生状態を模式的に示す平面図である。

【図 9 7】横のレンチキュラーレンズによるスクリーン陰影部の像の例を示す平面図である。

【図 9 8】斜め方向のモアレの発生状態を計算表示した平面図である。

【図 9 9】斜め方向のモアレの強度とピッチ比の関係を示す特性図である。

【図 1 0 0】斜め方向モアレの発生状態の計算表示例である。

【図 1 0 1】斜め方向モアレの発生状態の計算表示例である。

【図 1 0 2】斜め方向モアレの発生状態の計算表示例である。

【図 1 0 3】斜め方向モアレの発生状態の計算表示例である。

【図 1 0 4】図 2 の背面投写型画像ディスプレイ装置における投写型ブラウン管と投写レンズとの結合部の断面を示す断面図である。

【図 1 0 5】図 2 の背面投写型画像ディスプレイ装置における反射鏡の断面を示す断面図である。

【図 1 0 6】従来技術による透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図 1 0 7】従来技術による透過型スクリーンの要部を示す斜視図である。

【図 1 0 8】従来技術による透過型スクリーンのフレネルレンズシートの垂直断面を示す断面図である。

【図 1 0 9】従来技術による透過型スクリーンのレンチキュラーレンズシートの水平断面を示す断面図である。

【図 1 1 0】従来技術による透過型スクリーンのレンチキュラーレンズシートの水平断面を示す断面図である。

【図 1 1 1】従来技術による透過型スクリーンのレンチキュラーレンズシートの垂直断面及び水平断面を示す断面図である。

【図 1 1 2】一般的な水平観視角 α 及び垂直観視角 β を説明するための説明図である。

【図 1 1 3】従来技術による透過型スクリーンにおいて得られるスクリーン画面水平方向の指向特性及び垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図 1 1 4】従来技術による透過型スクリーンのフレネルレンズシートの横長レンチキュラーレンズ単体のスクリーン画面垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図 1 1 5】従来技術による透過型スクリーンにおいて得られるスクリーン画面垂直方向の指向特性の他の例を

示す特性図である。

【図 1 1 6】透過型スクリーンにおいて得られるべき理想のスクリーン画面水平方向の指向特性及び垂直方向の指向特性を示す特性図である。

【図 1 1 7】図 1 の透過型スクリーンの垂直断面を示す断面図である。

【図 1 1 8】図 1 の透過型スクリーンの水平断面を示す断面図である。

【図 1 1 9】従来技術による透過型スクリーンにおいて得られる赤、緑、青色映像光についてのスクリーン画面水平方向の指向特性を示す特性図である。

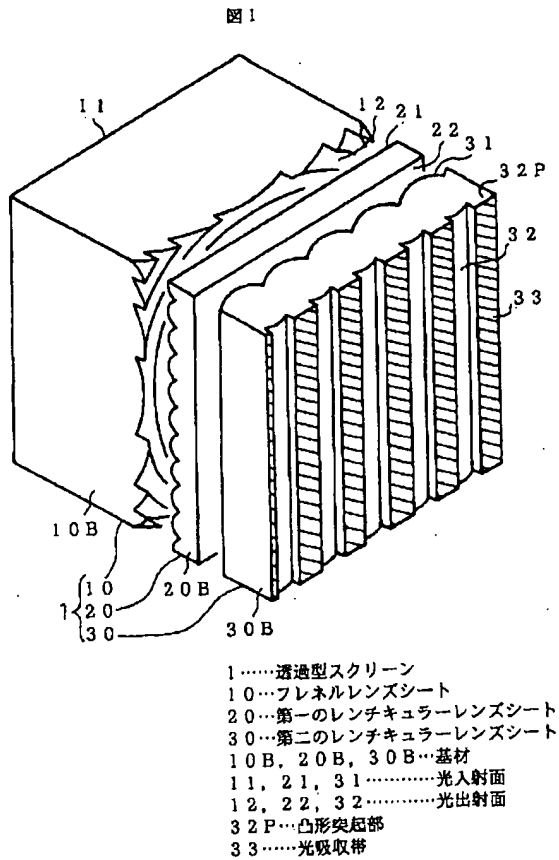
【図 1 2 0】従来技術による透過型スクリーンにおいて得られる赤及び青色映像光についてのスクリーン画面水平方向の指向特性の他の例を示す特性図である。

【図 1 2 1】図 1 の透過型スクリーンの画面垂直方向の輝度分布と図 1 0 7 の透過型スクリーンの画面垂直方向の輝度分布を比較して示した特性図である。

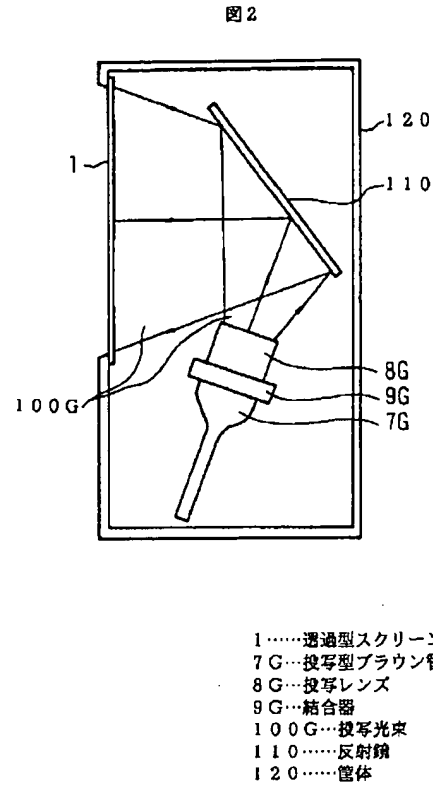
【符号の説明】

1…透過型スクリーン、1 A…上側の透過型スクリーン、1 B…下側の透過型スクリーン、6…光拡散材、7 R、7 G、7 B…投写型ブラウン管、8 R、8 G、8 B…投写レンズ、9 G…結合器、1 0…フレネルレンズシート、1 0 B…フレネルレンズシートの基材、1 1…フレネルレンズシートの光入射面、1 2…フレネルレンズシートの光出射面、2 0…第一のレンチキュラーレンズシート、2 0 B…第一のレンチキュラーレンズシートの基材、2 1…第一のレンチキュラーレンズシートの光入射面、2 2…第一のレンチキュラーレンズシートの光出射面、2 3…水平面、2 4…平面部、3 0…第二のレンチキュラーレンズシート、3 0 B…第二のレンチキュラーレンズシートの基材、3 0'…レンチキュラーレンズシート、3 0 B'…レンチキュラーレンズシートの基材、3 1…第二のレンチキュラーレンズシートの光入射面、3 1'…レンチキュラーレンズシートの光入射面、3 2…第二のレンチキュラーレンズシートの光出射面、3 2'…レンチキュラーレンズシートの光出射面、3 2 P…第二のレンチキュラーレンズシートの凸形突起部、3 3…光吸収帯、4 0…光吸収シート、4 0 B…光吸収シートの基材、4 1…光吸収シートの光入射面、4 1'…光吸収シートの光出射面、5 0…マイクロレンズシート、5 0 B…マイクロレンズシートの基材、5 1…マイクロレンズシートの光入射面、5 2…マイクロレンズシートの光出射面、8 1…第一のレンズ素子、8 2…第二のレンズ素子、8 3…第三のレンズ素子、8 4…第四のレンズ素子、8 5…レンズ鏡筒、9 1…液体冷媒、1 1 0…反射鏡、1 1 0 B…反射鏡の基材、1 1 1…光反射性光学薄膜、1 2 0…筐体。

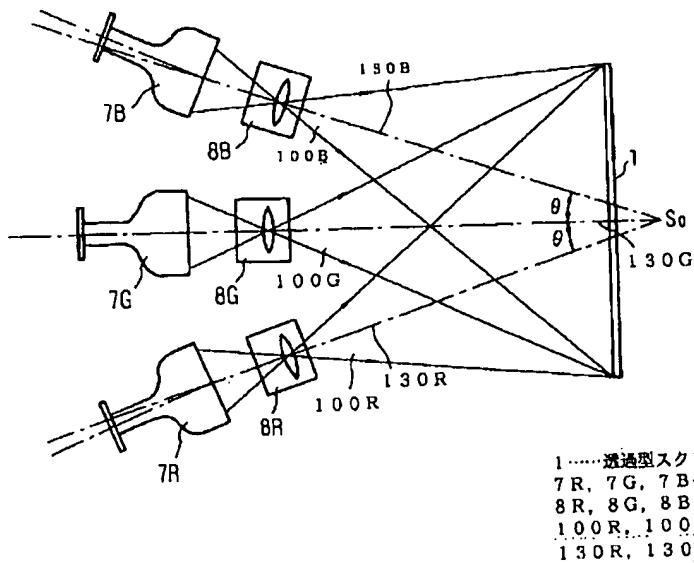
【図1】



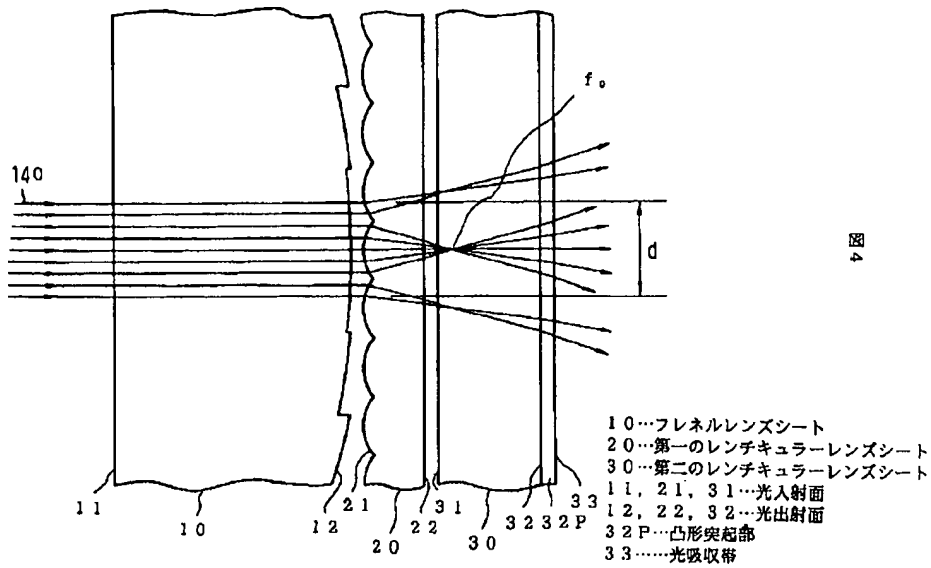
【図2】



【図3】

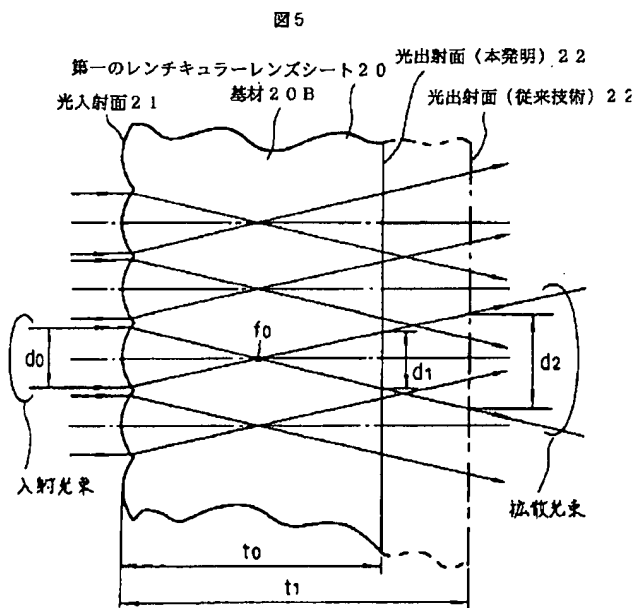


【図4】



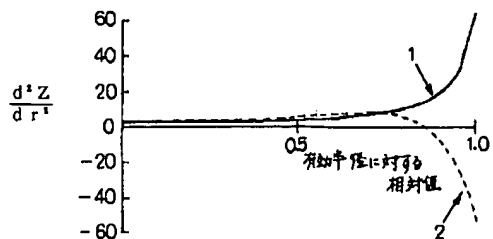
4

【図5】

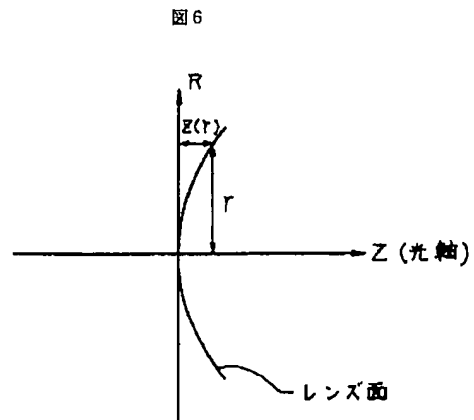


【图 12】

图 12

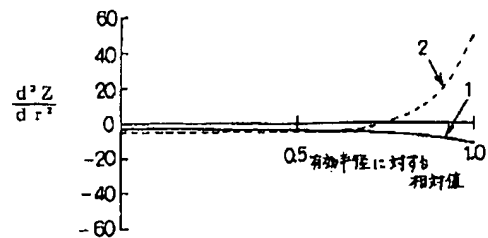


【図6】



【図 13】

13



【図7】

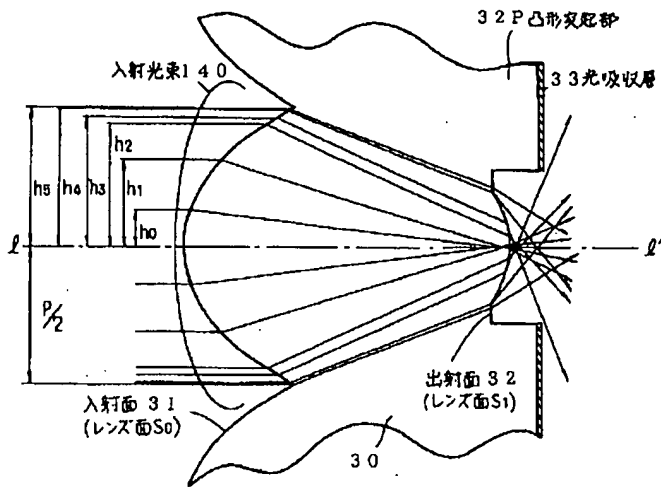
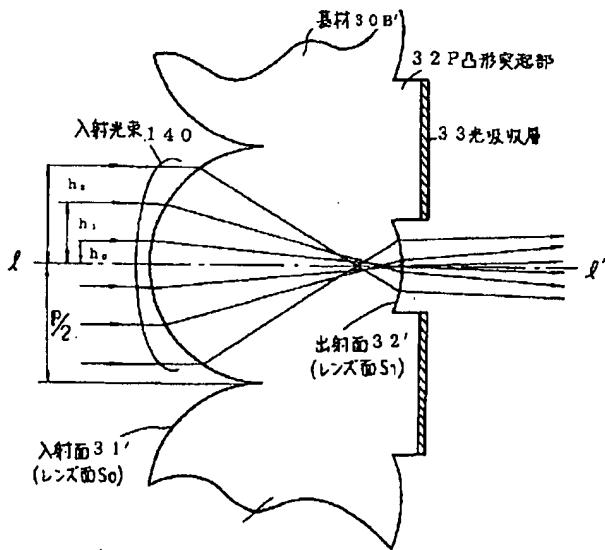


図7

【図8】



【図20】

図20

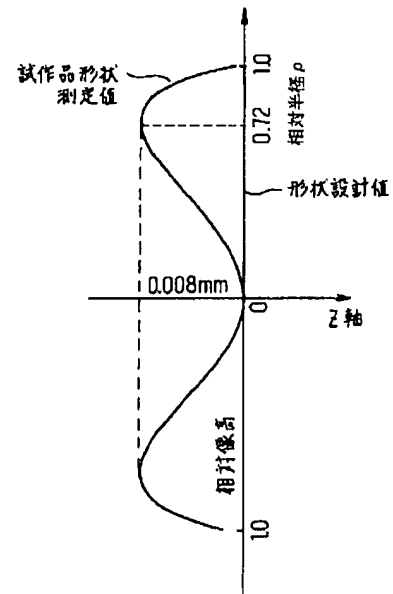
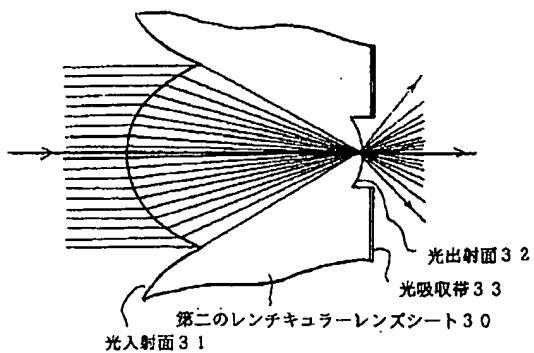


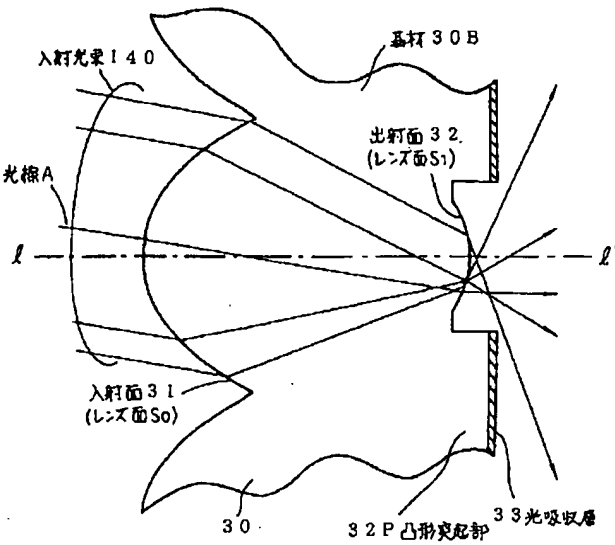
図8

【図16】

図16



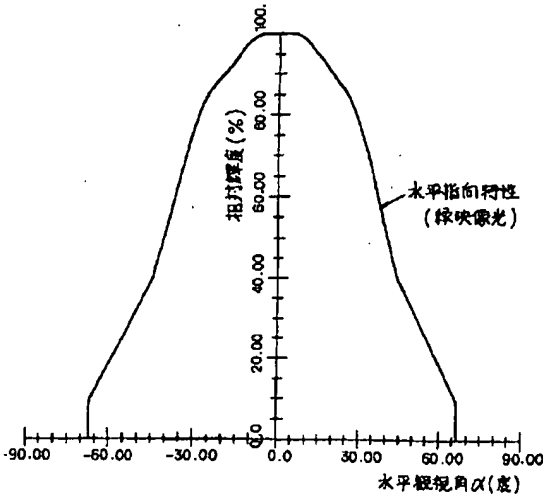
【図9】



6 図

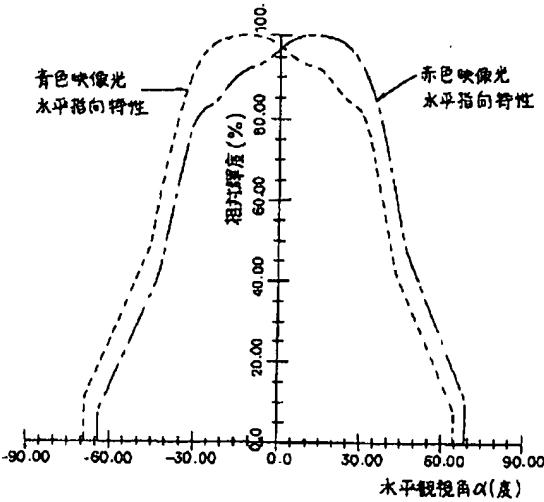
【図10】

図 10



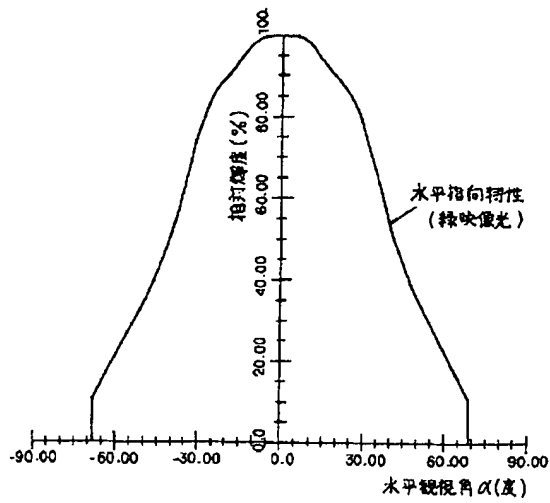
【図11】

図 11



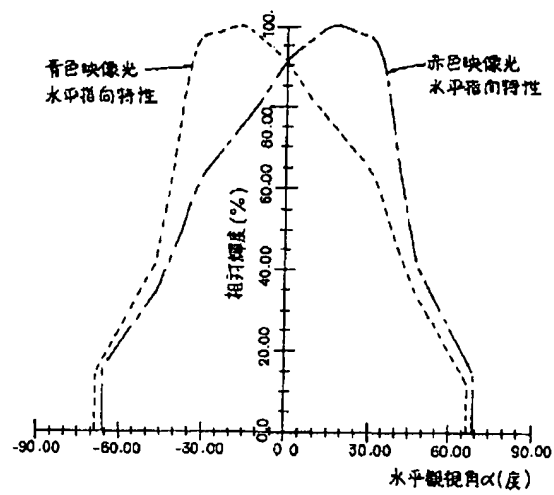
【図14】

図14



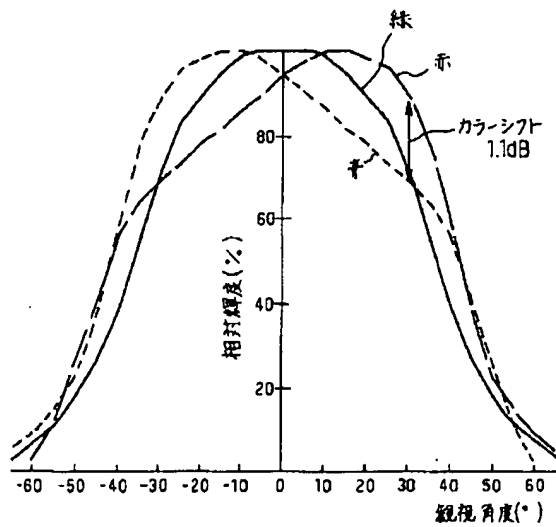
【図15】

図15



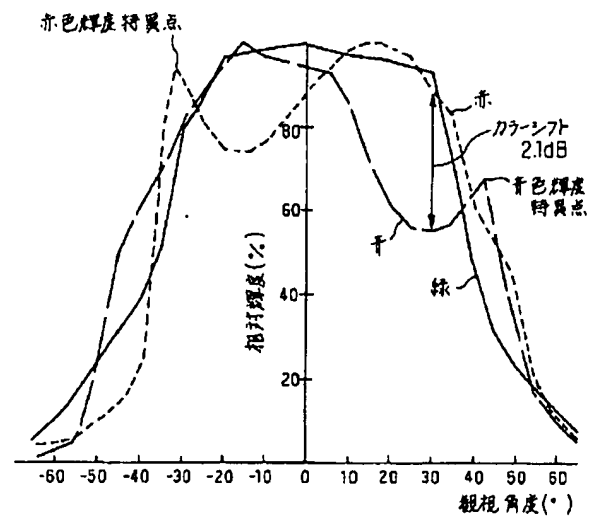
【図17】

図17



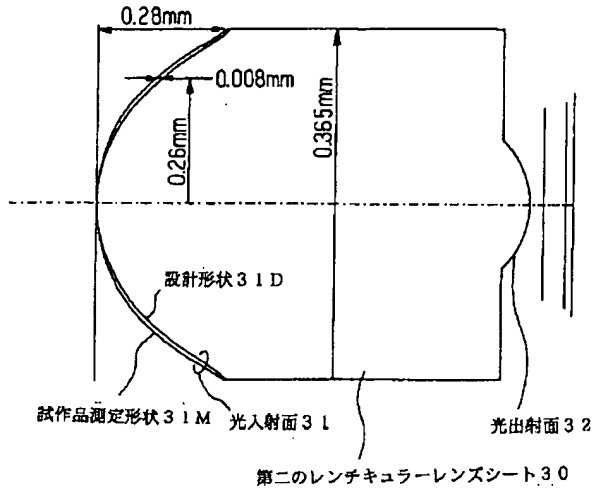
【図18】

図18



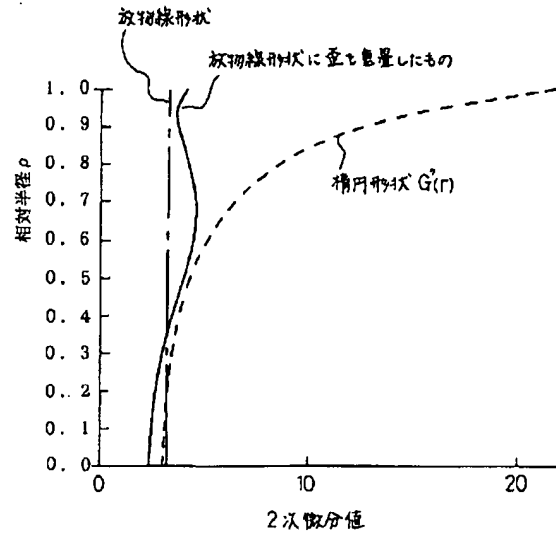
【図19】

図19



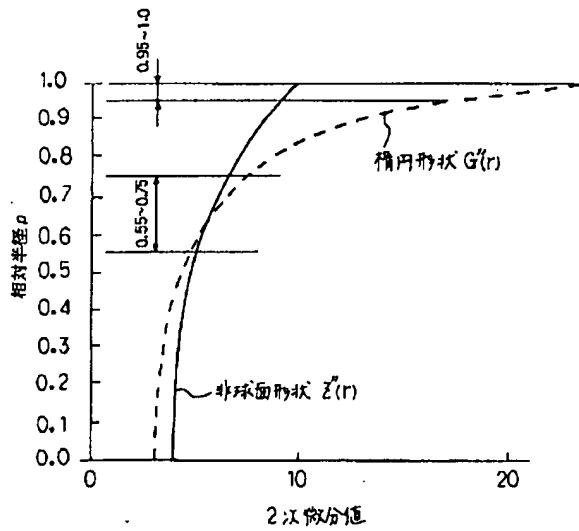
【図21】

図21



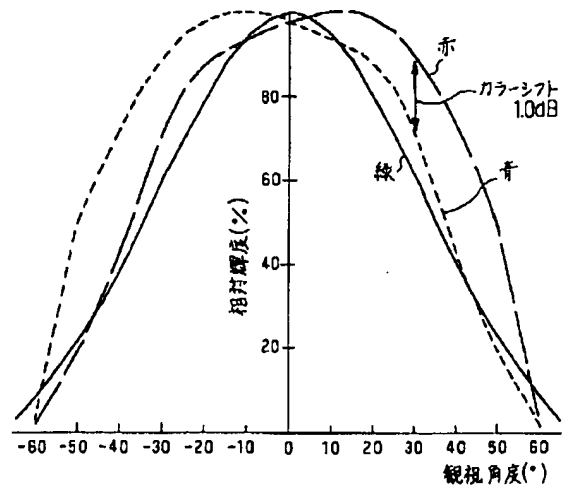
【図22】

図22



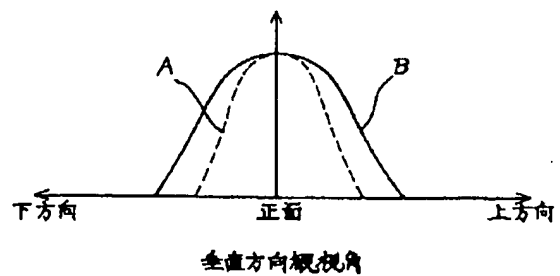
【図23】

図23



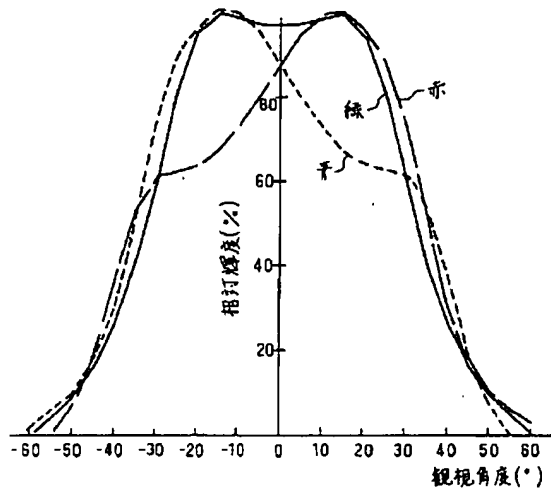
【図38】

図38



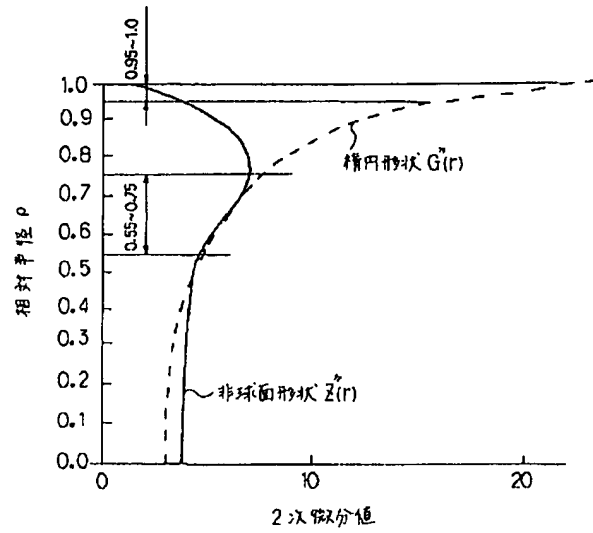
【図24】

図24



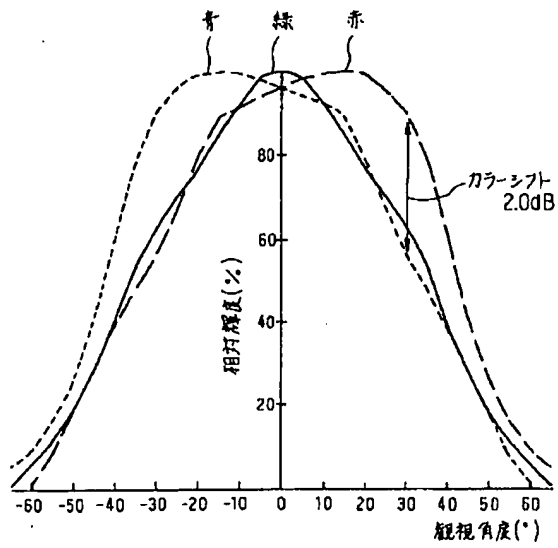
【図25】

図25



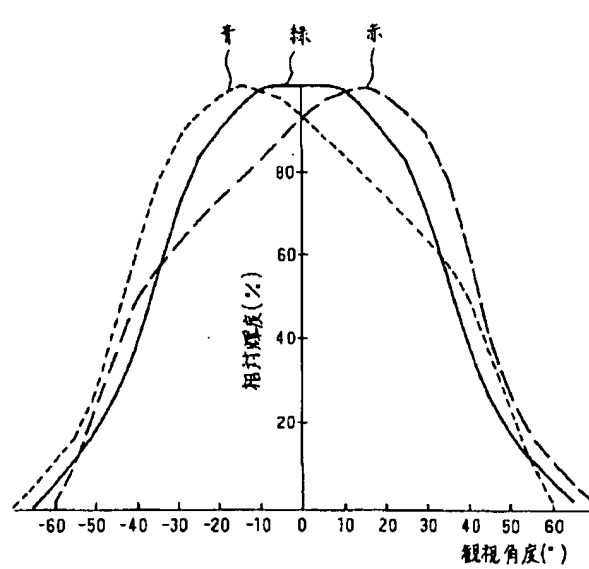
【図26】

図26



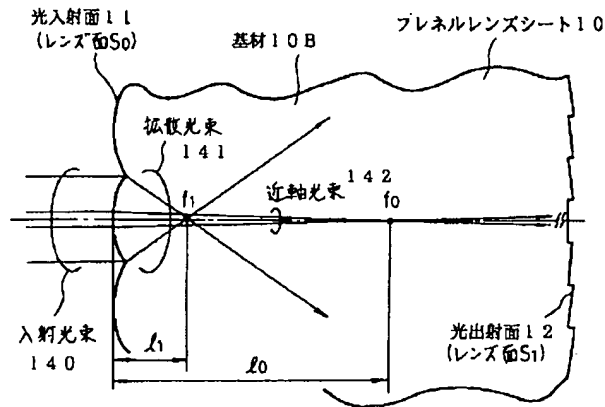
【図27】

図27



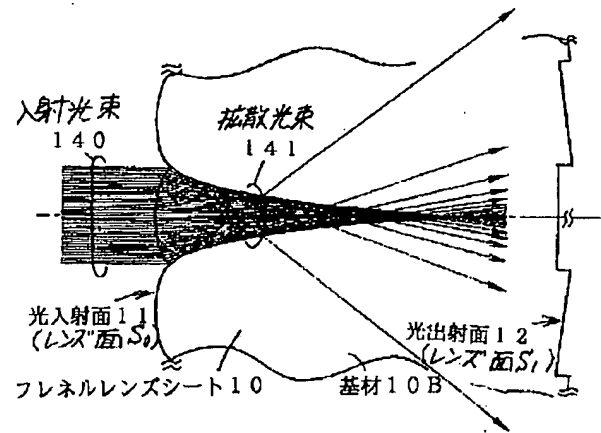
【図28】

図28



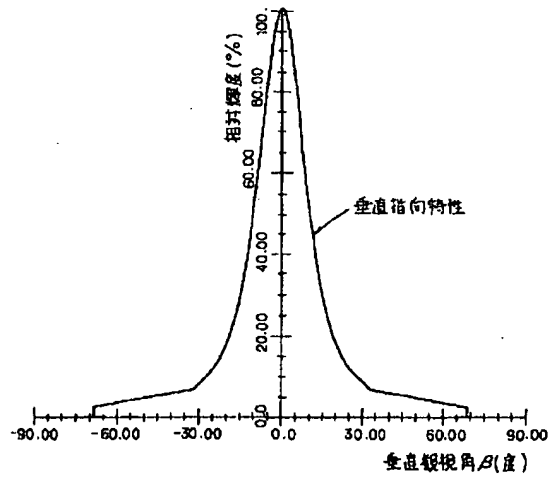
【図29】

図29



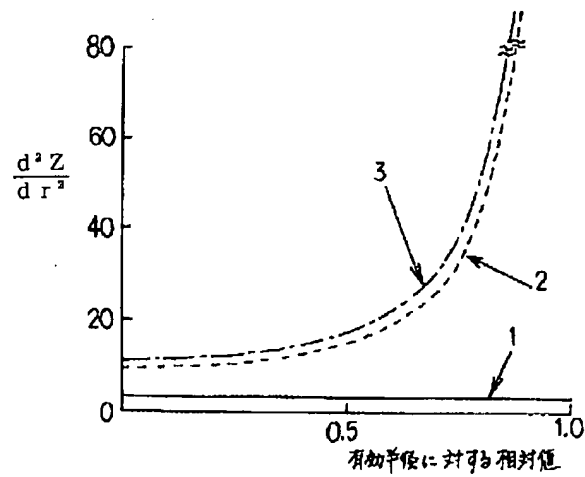
【図30】

図30



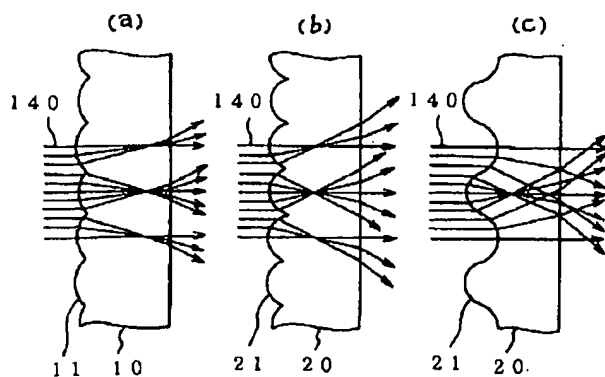
【図31】

図31



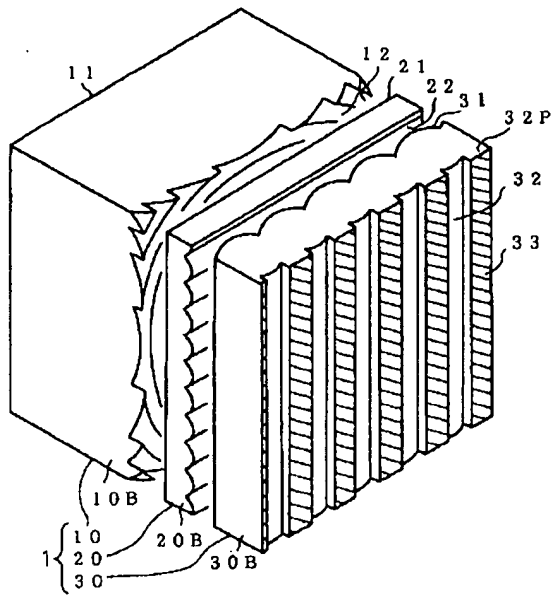
【図37】

図37



【図32】

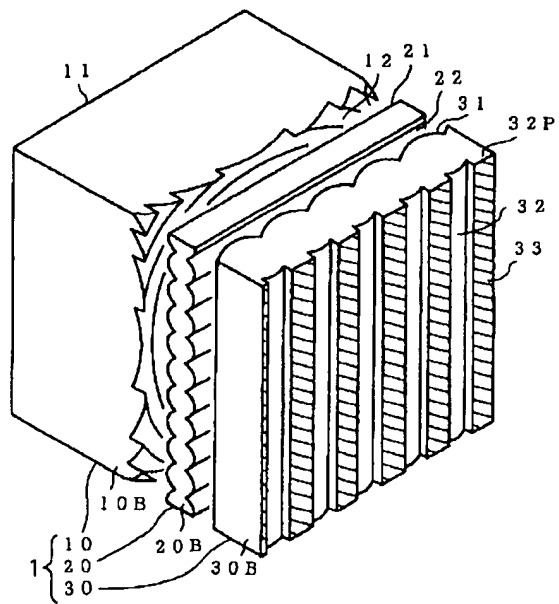
図32



- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 20…第一のレンチキュラーレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 33……光吸収帯
 10B, 20B, 30B…基材
 11, 21, 31……光入射面
 12, 22, 32……光出射面
 32P…凸形突起部

【図33】

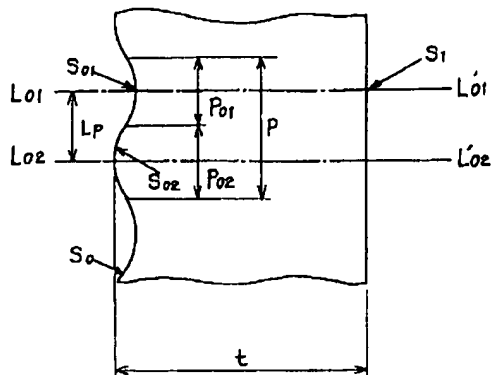
図33



- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 20…第一のレンチキュラーレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 33……光吸収帯
 10B, 20B, 30B…基材
 11, 21, 31……光入射面
 12, 22, 32……光出射面
 32P…凸形突起部

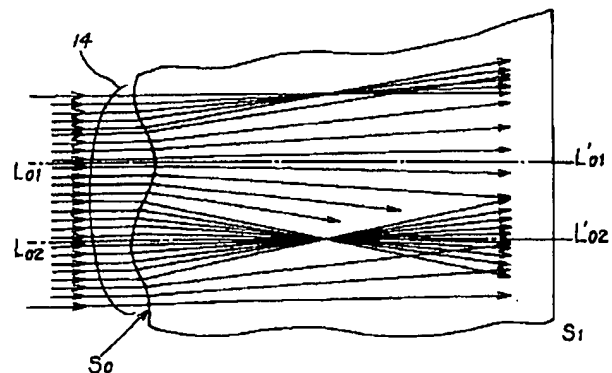
【図39】

図39



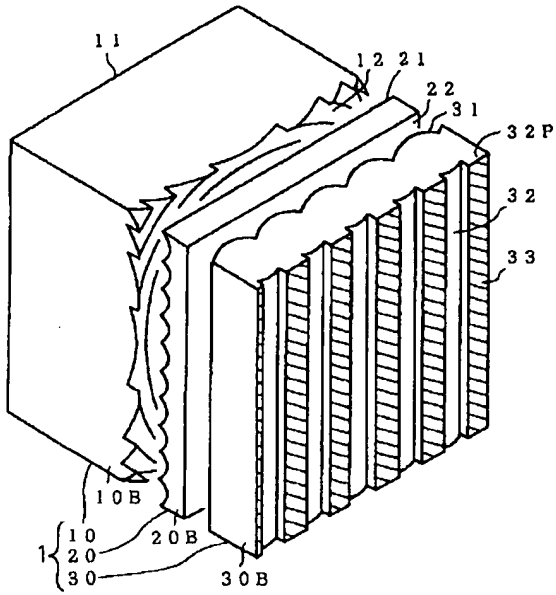
【図40】

図40



【 図 3 4 】

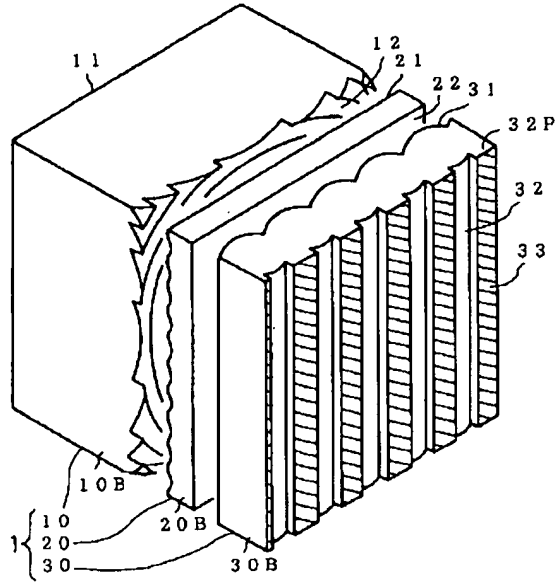
図 3 4



- 1.....透過型スクリーン
 10...フレネルレンズシート
 20...第一のレンチキュラーレンズシート
 30...第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 20B, 30B...基材
 11, 21, 31.....光入射面
 12, 22, 32.....光出射面
 32P...凸形突起部
 33.....光吸収帯

【 図 3 5 】

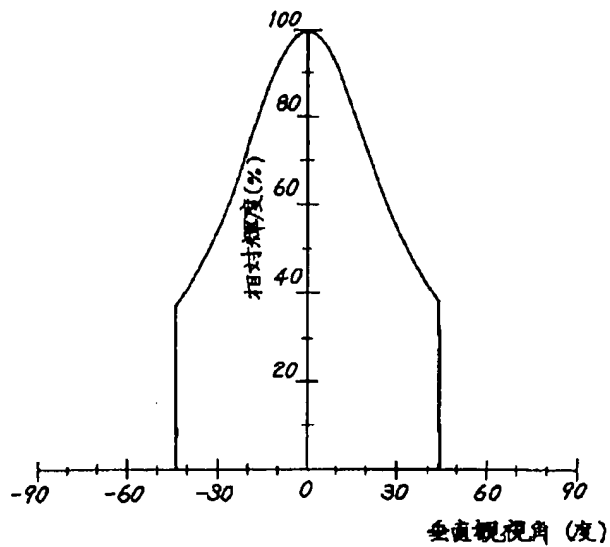
図 3 5



- 1.....透過型スクリーン
 10...フレネルレンズシート
 20...第一のレンチキュラーレンズシート
 30...第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 20B, 30B...基材
 11, 21, 31.....光入射面
 12, 22, 32.....光出射面
 32P...凸形突起部
 33.....光吸収帯

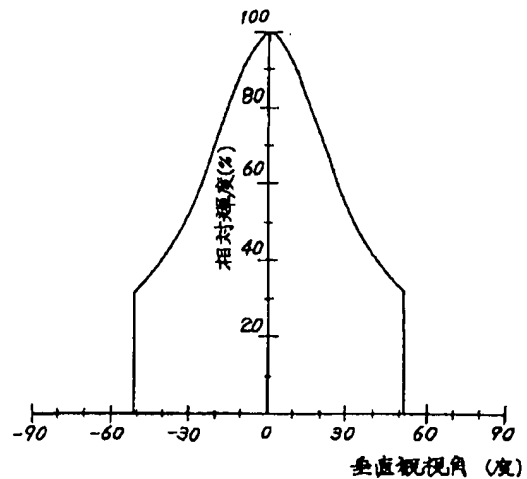
【 図 4 1 】

図 4 1



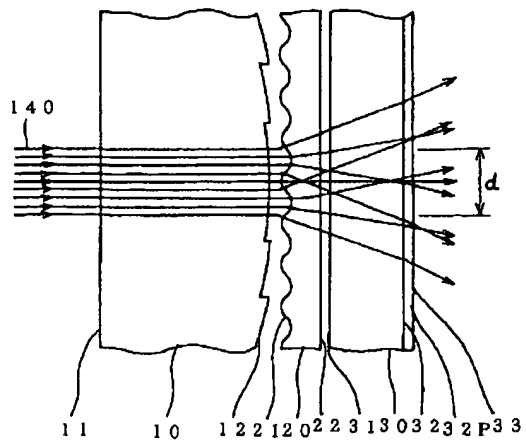
【 図 4 2 】

図 4 2



【図36】

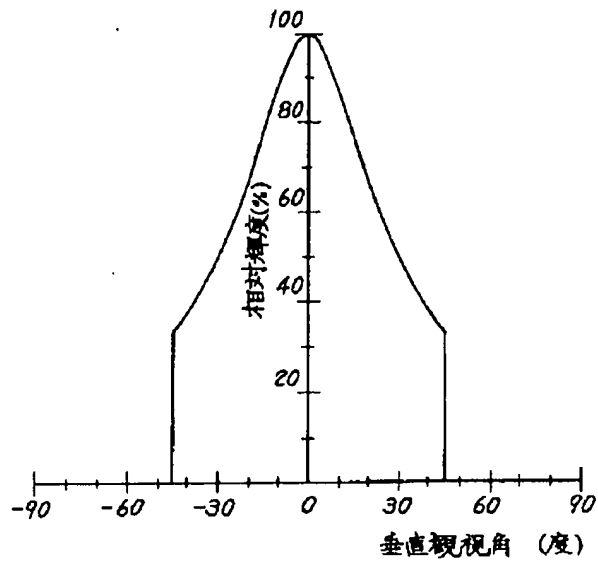
図36



- 10…フレネルレンズシート
 20…第一のレンチキュラーレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 11, 21, 31…光入射面
 12, 22, 32…光出射面
 32P…凸形突起部
 33…光吸収層

【図43】

図43

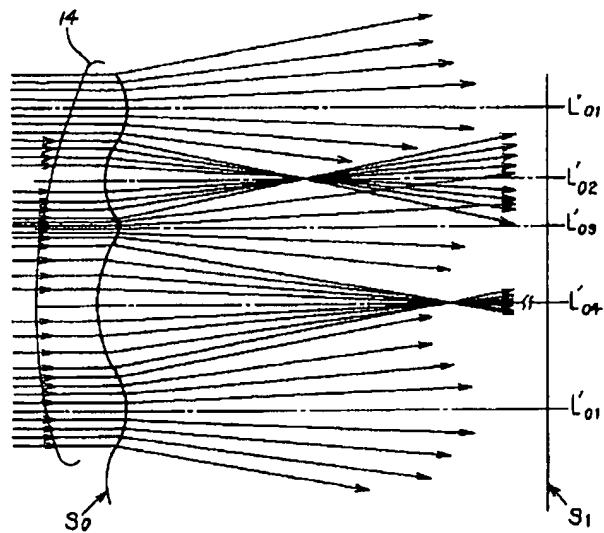
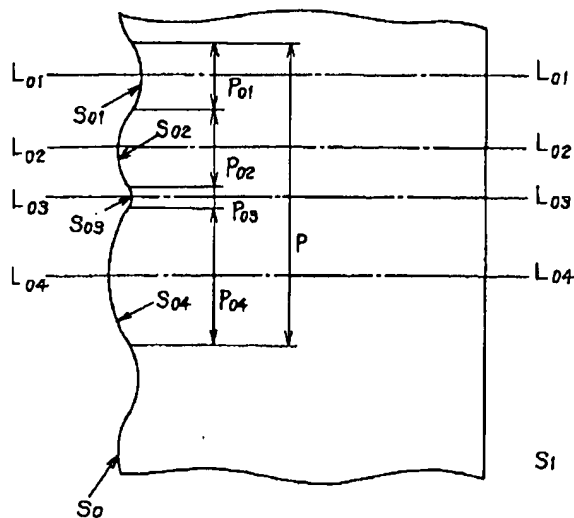


【図45】

図45

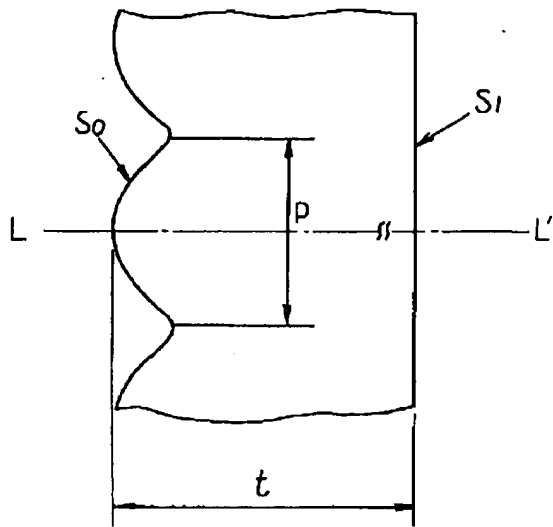
【図44】

図44



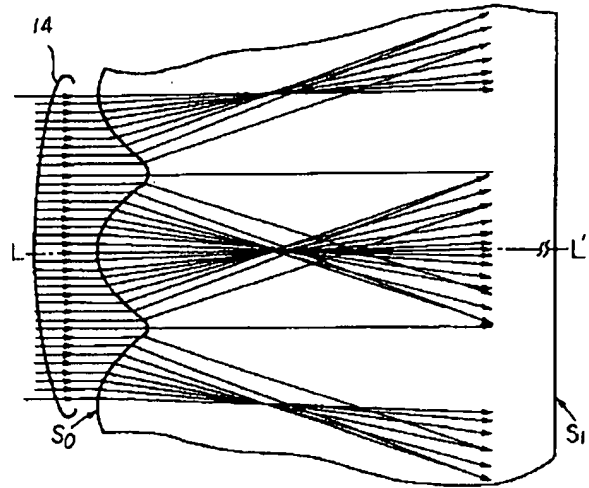
【図46】

図46



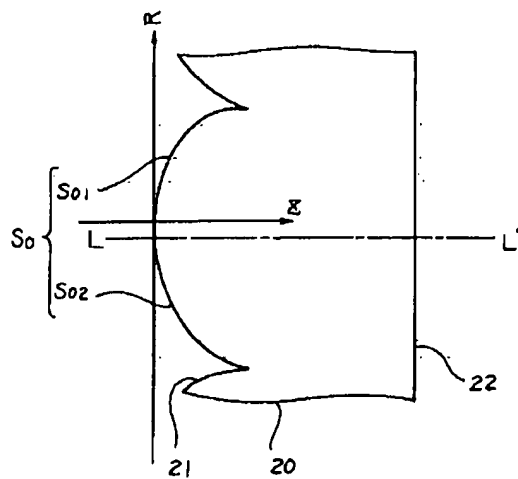
【図47】

図47



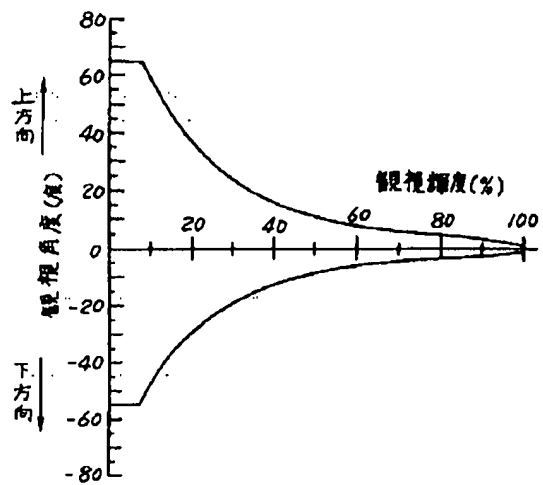
【図48】

図48



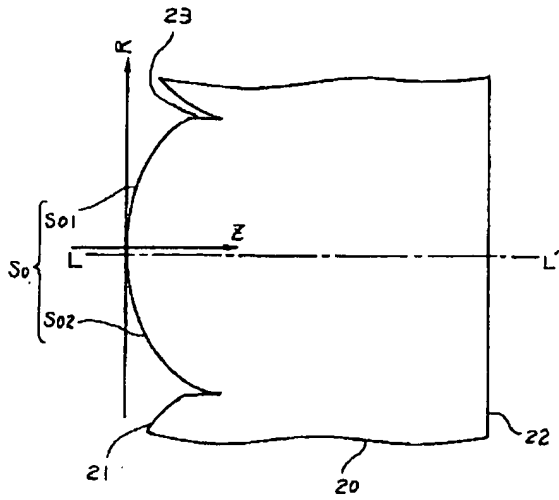
【図49】

図49



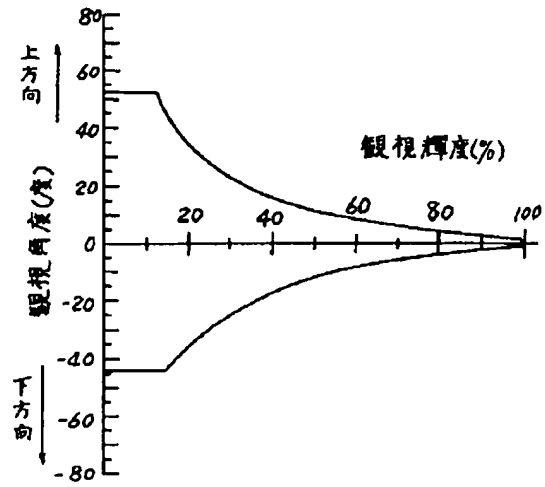
【图50】

图50



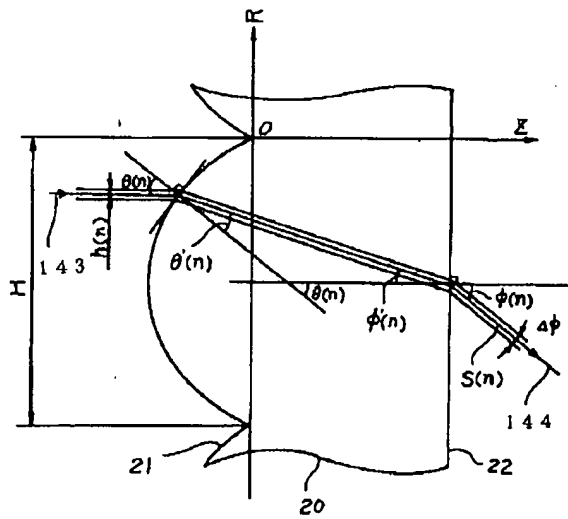
【图51】

图51



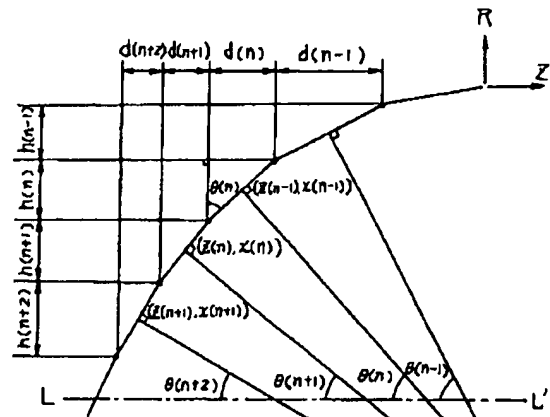
【图52】

图52



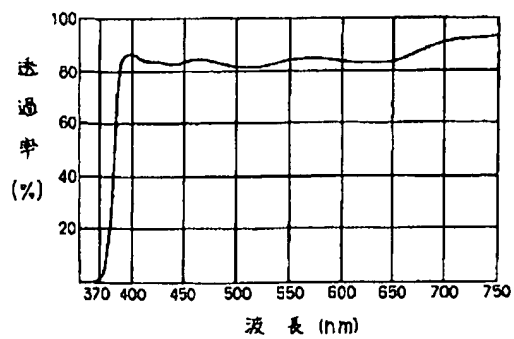
【图53】

图53



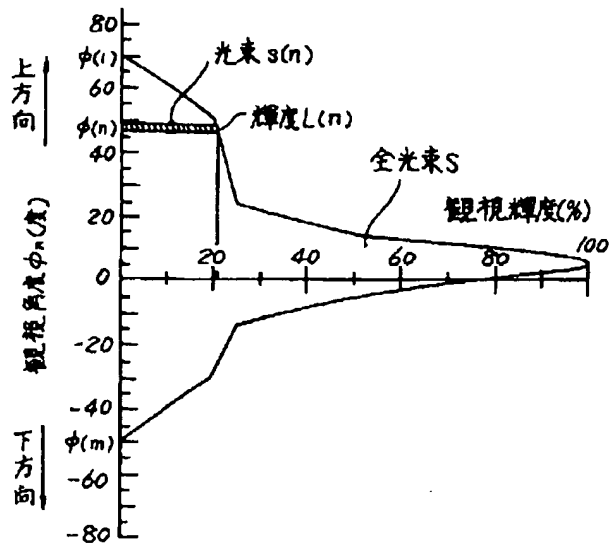
【图65】

图65



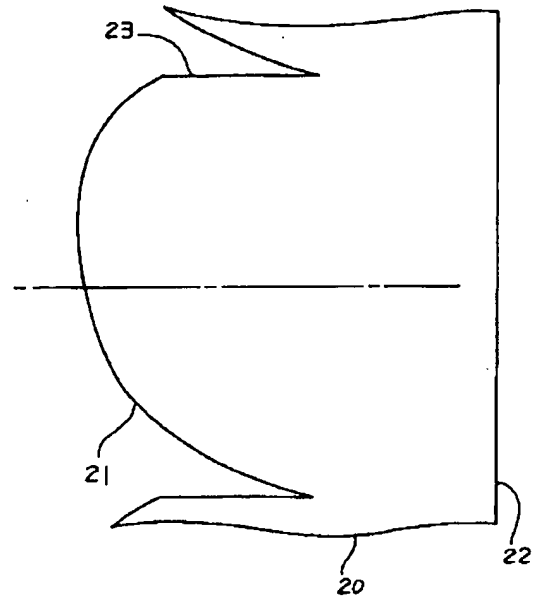
【圖54】

圖54



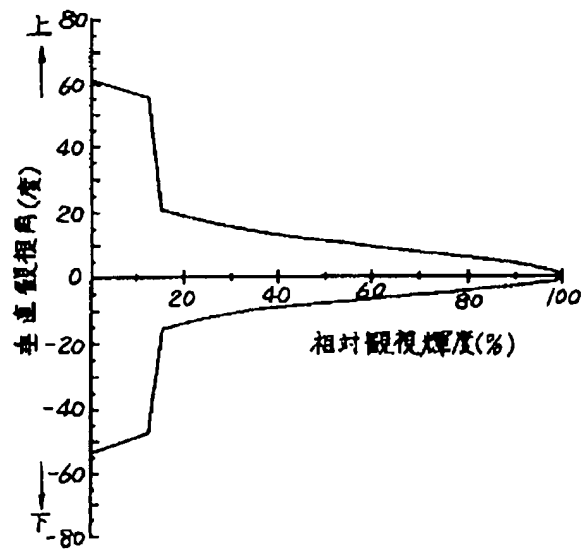
【圖55】

圖55



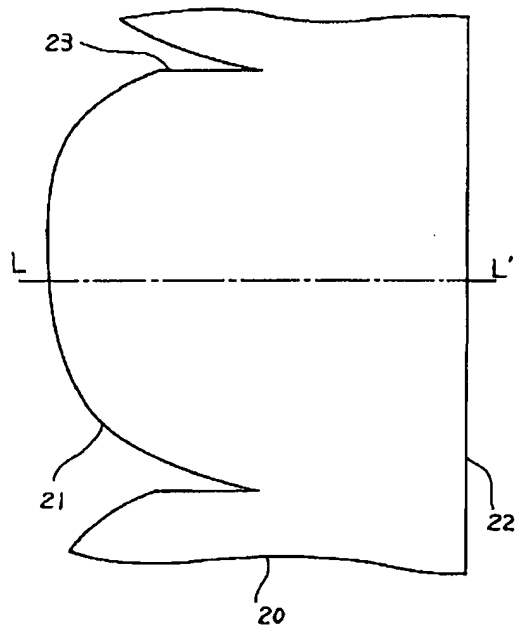
【圖56】

圖56



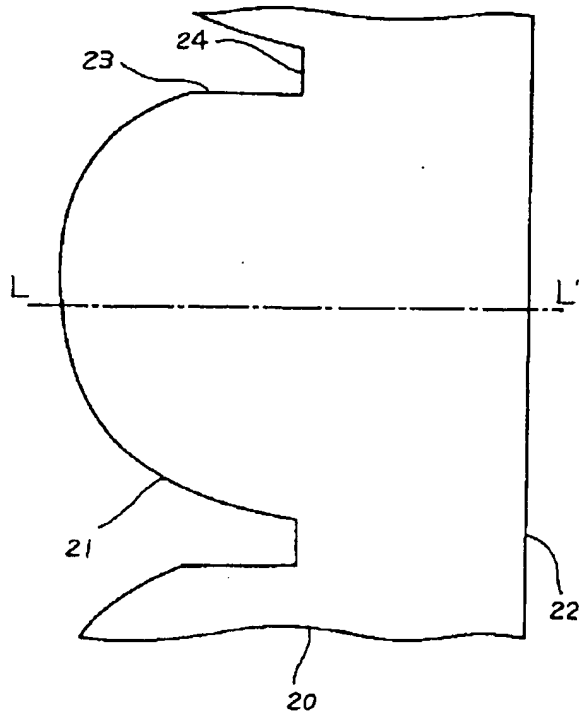
【圖57】

圖57



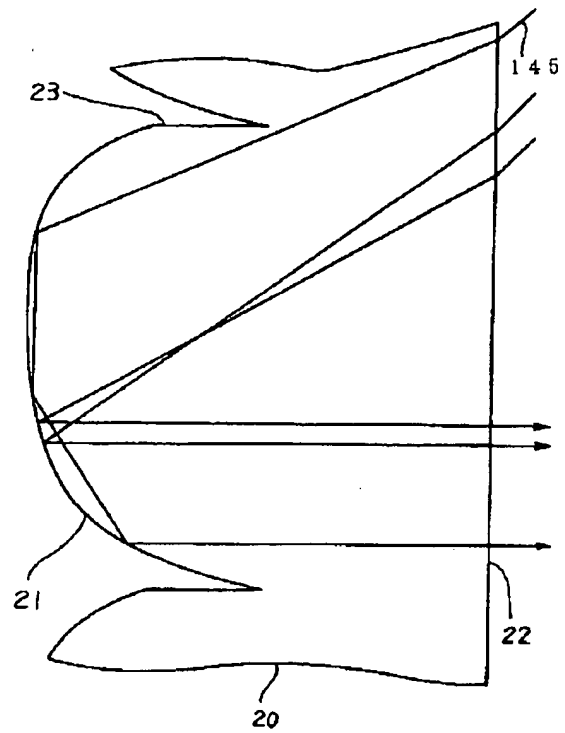
【図58】

図58



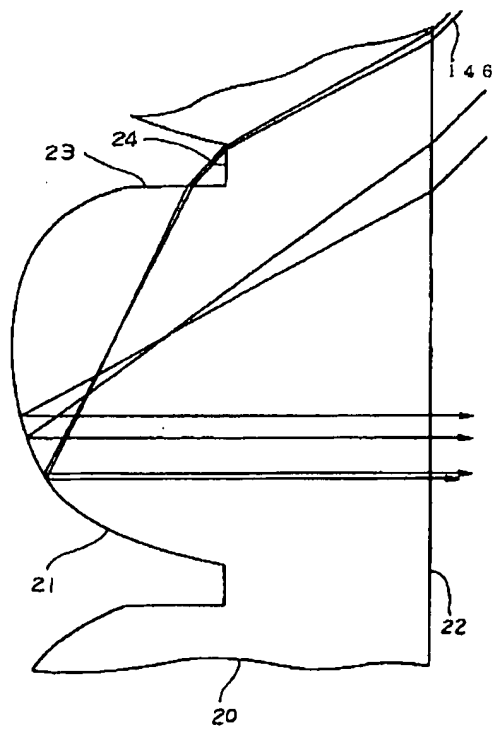
【図59】

図59



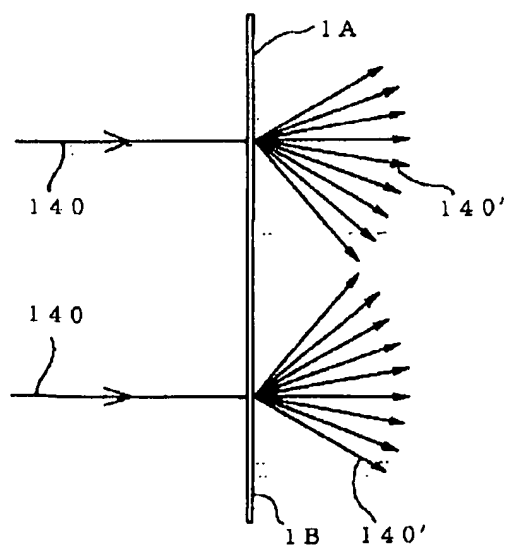
【図60】

図60

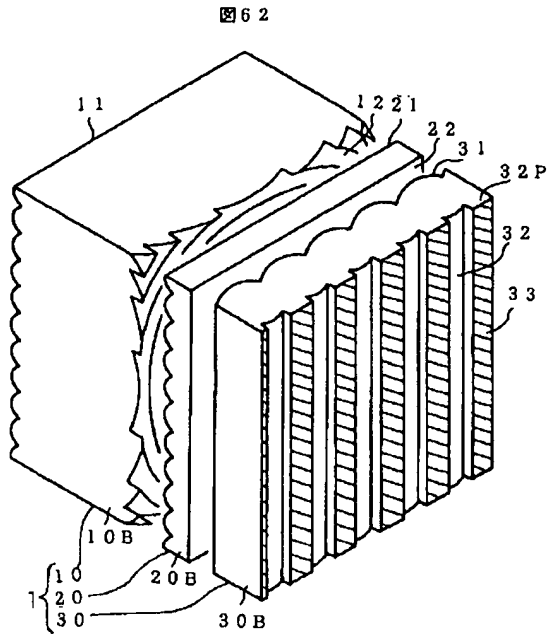


【図61】

図61

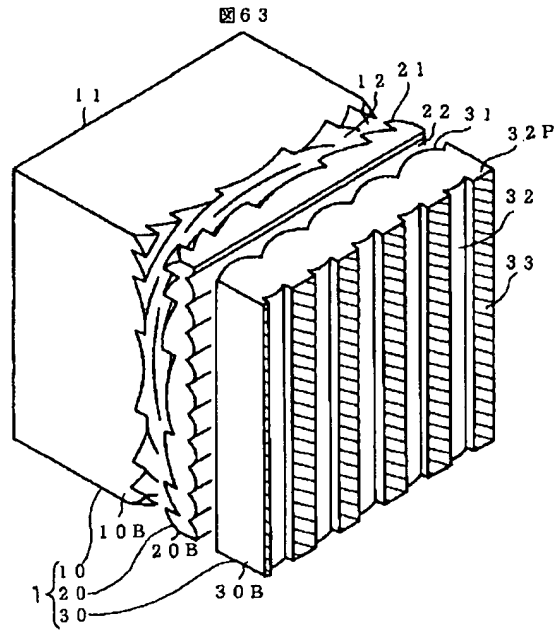


【図62】



- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 20…第一のレンチキュラーレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 20B, 30B…基材
 11, 21, 31………光入射面
 12, 22, 32………光出射面
 32P…凸形突起部
 33……光吸収帯

【図63】



- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 20…第一のレンチキュラーレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 20B, 30B…基材
 11, 21, 31………光入射面
 12, 22, 32………光出射面
 32P…凸形突起部
 33……光吸収帯

【図71】

【図66】

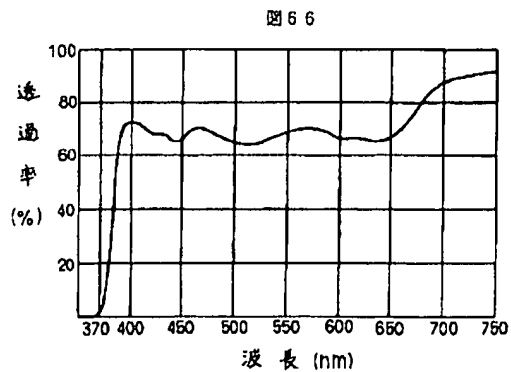
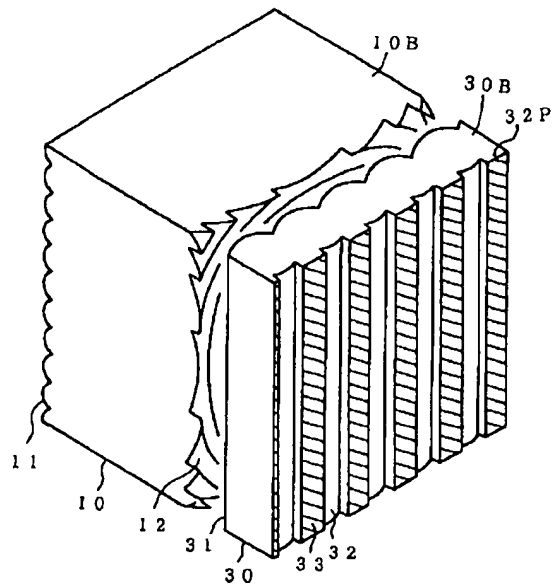
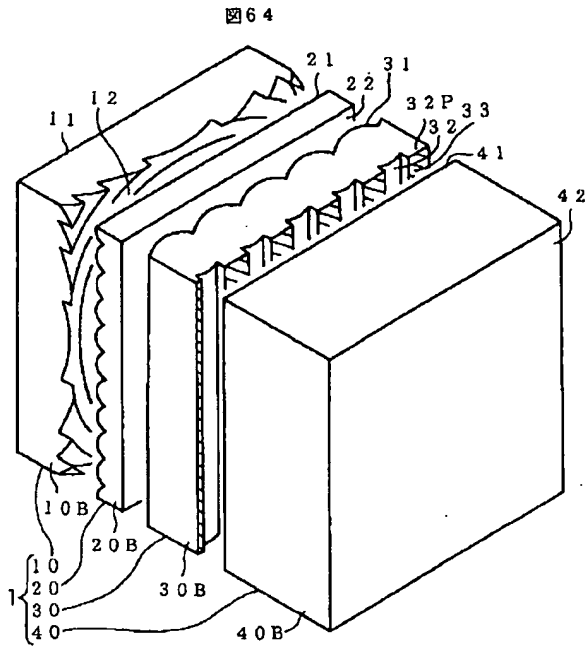


図71



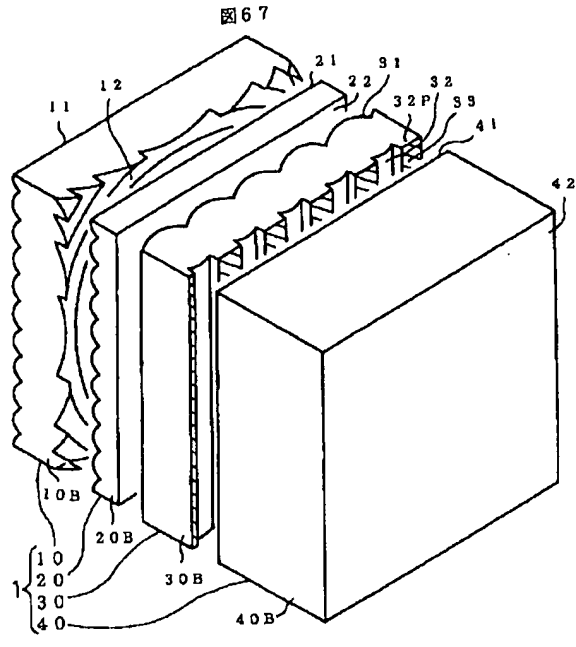
- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 30B…基材
 11, 31………光入射面
 12, 32………光出射面
 32P…凸形突起部
 33……光吸収帯

【図64】



- 1……透過型スクリーン
 10……フレネルレンズシート
 20……第一のレンチキュラーレンズシート
 30……第二のレンチキュラーレンズシート
 40……光吸収シート
 10B, 20B, 30B, 40B……基材
 11, 21, 31, 41……光入射面
 12, 22, 32, 42……光出射面
 32P……凸形突起部
 33……光吸収帯

【図67】



- 1……透過型スクリーン
 10……フレネルレンズシート
 20……第一のレンチキュラーレンズシート
 30……第二のレンチキュラーレンズシート
 40……光吸収シート
 10B, 20B, 30B, 40B……基材
 11, 21, 31, 41……光入射面
 12, 22, 32, 42……光出射面
 32P……凸形突起部
 33……光吸収帯

【図70】

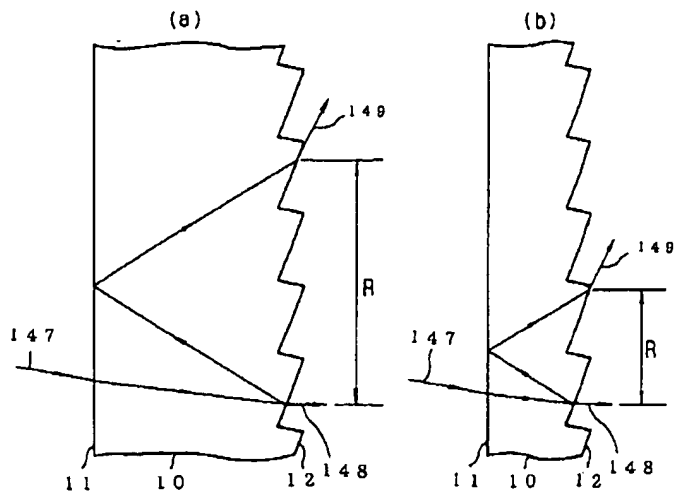
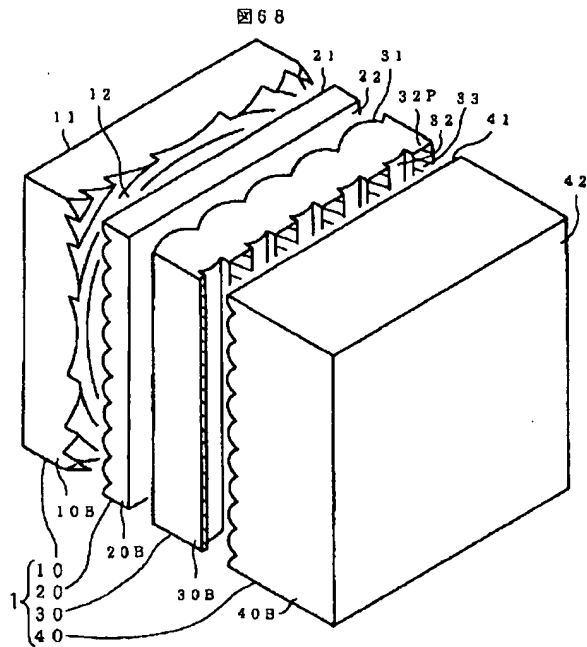


図70

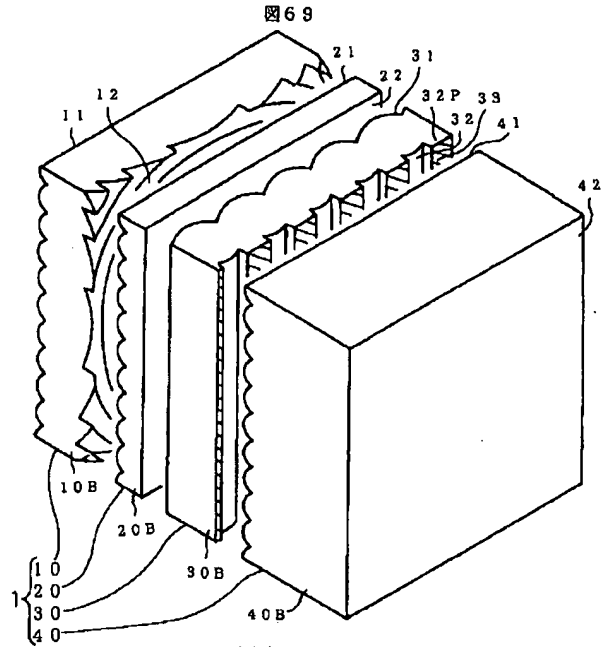
- 10……フレネルレンズシート
 11……光入射面
 12……光出射面

【図68】



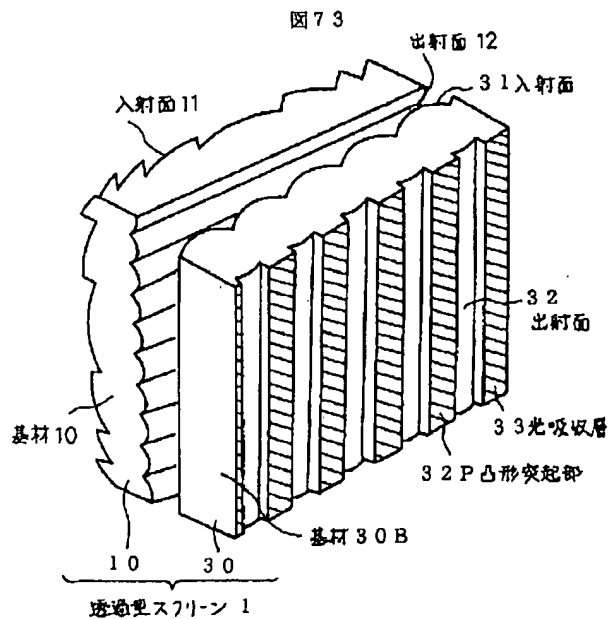
- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 20…第一のレンヂキュラーレンズシート
 30…第二のレンヂキュラーレンズシート
 40…光吸収シート
 10B, 20B, 30B, 40B…基材
 11, 21, 31, 41……………光入射面
 12, 22, 32, 42……………光出射面
 32P…凸形突起部
 33…光吸収帯

【図69】

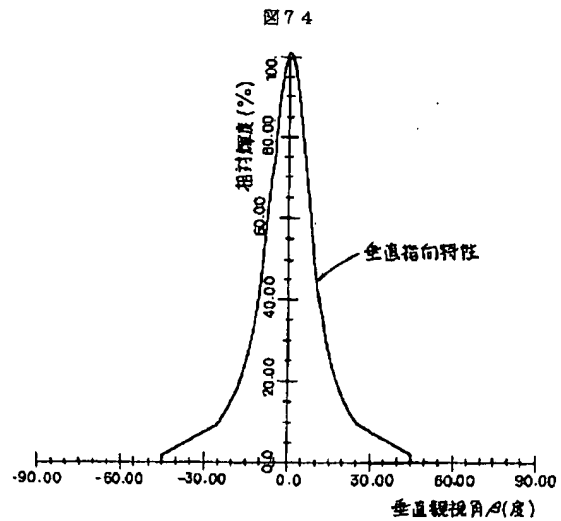


- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 20…第一のレンヂキュラーレンズシート
 30…第二のレンヂキュラーレンズシート
 40…光吸収シート
 10B, 20B, 30B, 40B…基材
 11, 21, 31, 41……………光入射面
 12, 22, 32, 42……………光出射面
 32P…凸形突起部
 33…光吸収帯

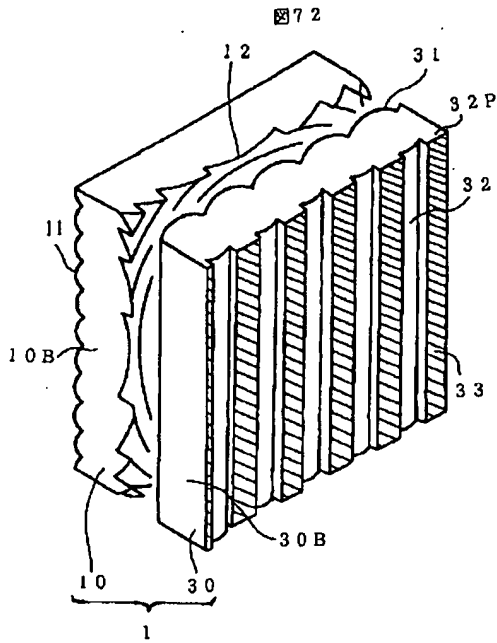
【図73】



【図74】

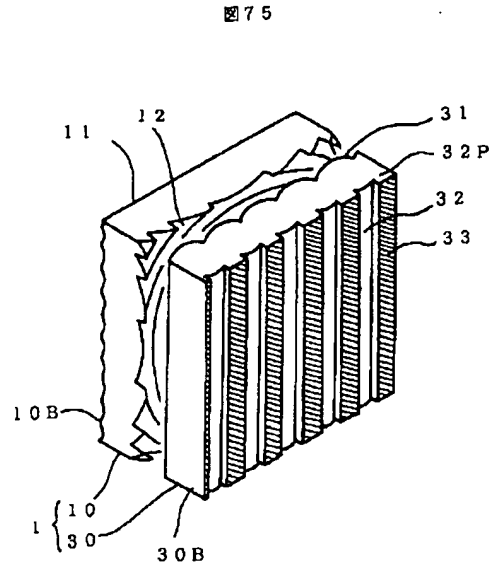


【図72】



- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 30B…基材
 11, 31……光入射面
 12, 32……光出射面
 32P…凸形突起部
 33……光吸収帯

【図75】

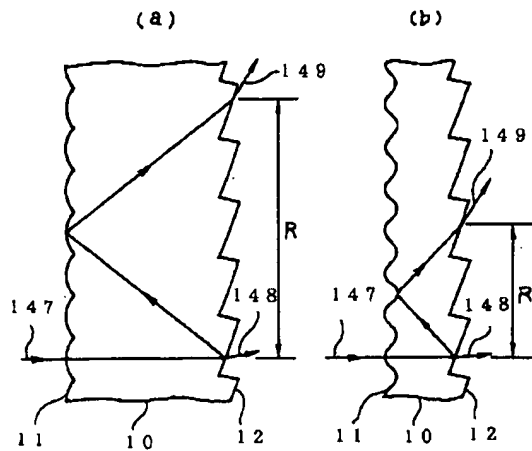


- 1……透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 30B…基材
 11, 31……光入射面
 12, 32……光出射面
 32P…凸形突起部
 33……光吸収帯

【図78】

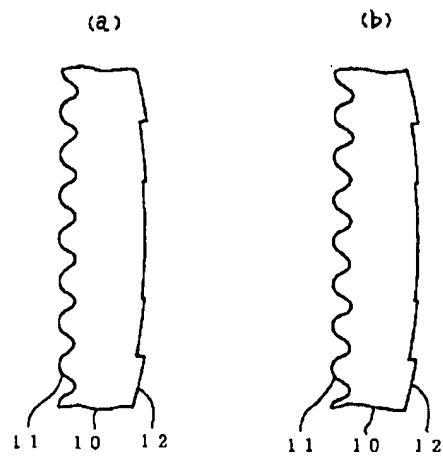
【図77】

図77



- 10…フレネルレンズシート
 11…光入射面
 12…光出射面

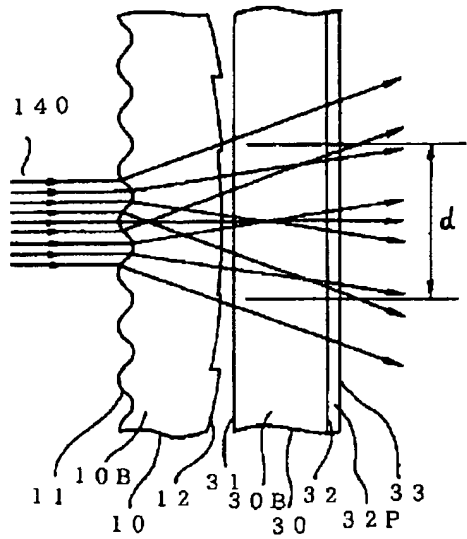
図78



- 10…フレネルレンズシート
 11…光入射面
 12…光出射面

【図76】

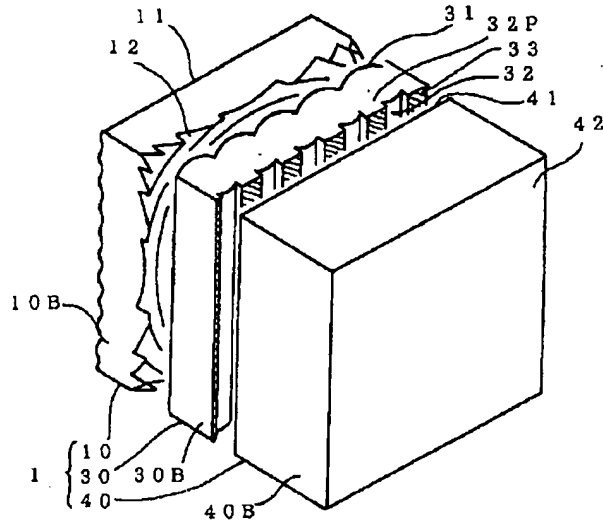
図76



- 10…フレネルレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 11, 31…光入射面
 12, 32…光出射面
 32P…凸形突起部
 33…光吸収帯

【図79】

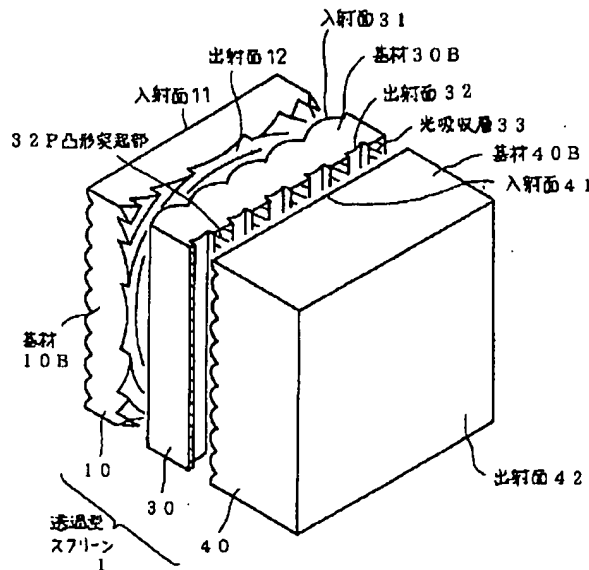
図79



- 1…透過型スクリーン
 10…フレネルレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 40…光吸収シート
 10B, 30B, 40B…基材
 11, 31, 41…光入射面
 12, 32, 42…光出射面
 32P…凸形突起部
 33…光吸収帯

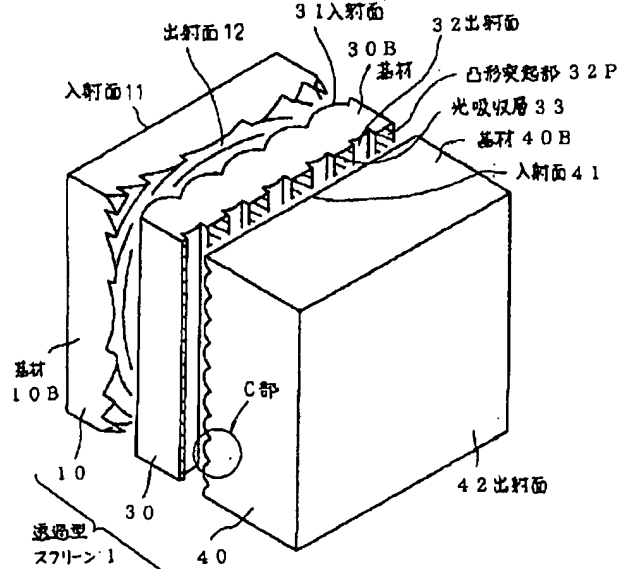
【図80】

図80



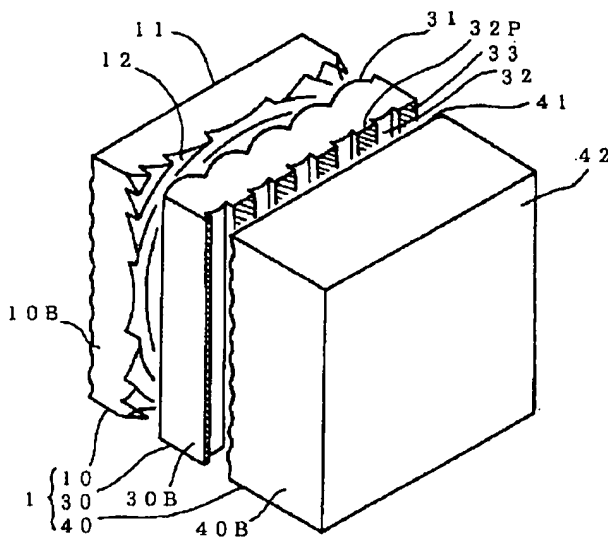
【図82】

図82



【図81】

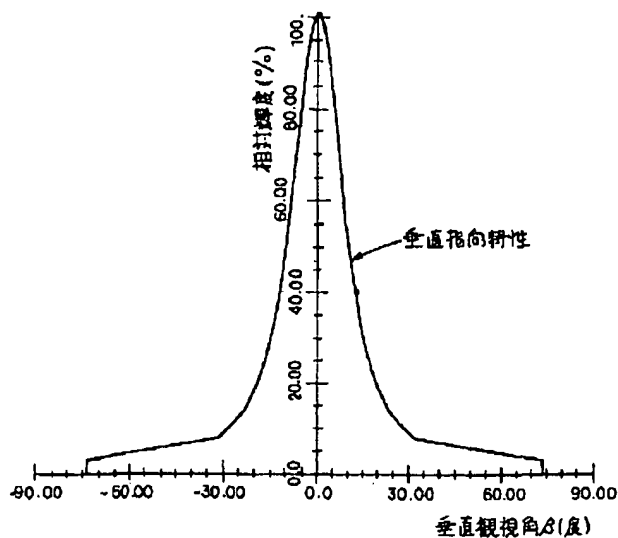
図81



- 1……透過型スクリーン
 10…フネルレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 40…光吸収シート
 10B, 30B, 40B…基材
 11, 31, 41………光入射面
 12, 32, 42………光出射面
 32P…凸形突起部
 33………光吸収帯

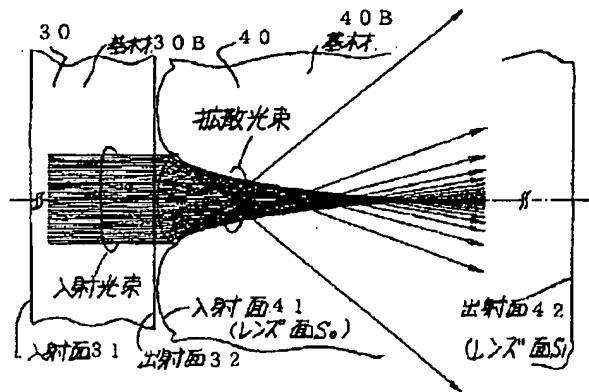
【図84】

図84



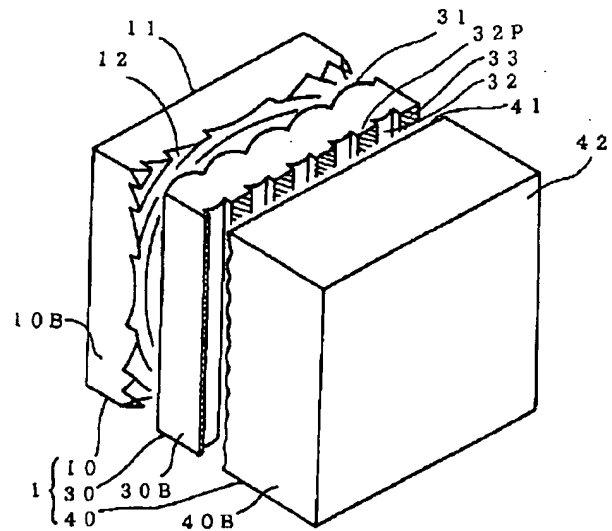
【図83】

図83



【図85】

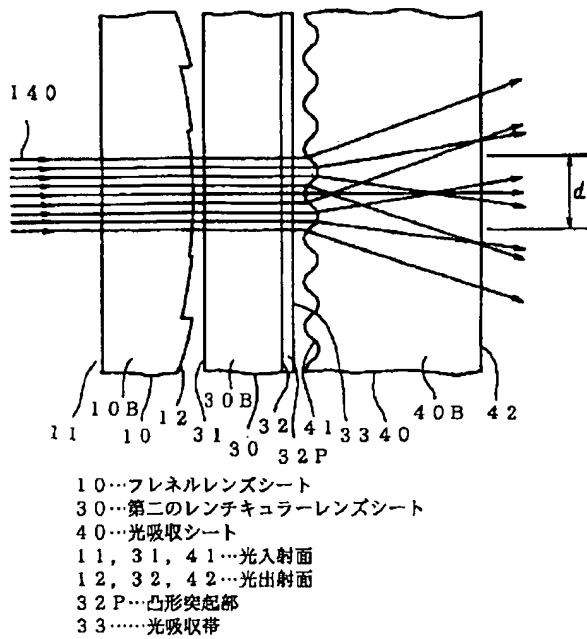
図85



- 1……透過型スクリーン
 10…フネルレンズシート
 30…第二のレンチキュラーレンズシート
 40…光吸収シート
 10B, 30B, 40B…基材
 11, 31, 41………光入射面
 12, 32, 42………光出射面
 32P…凸形突起部
 33………光吸収帯

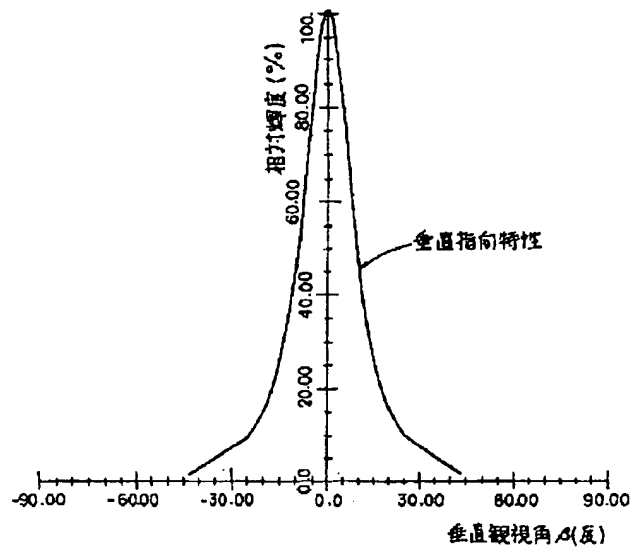
【図86】

図86



【図87】

図87

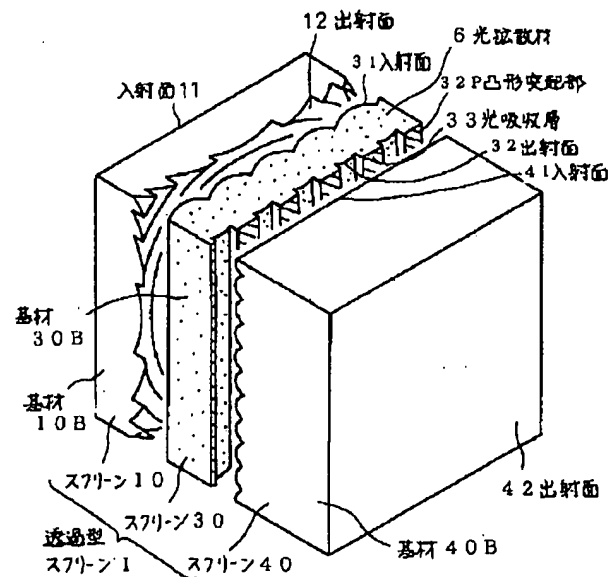
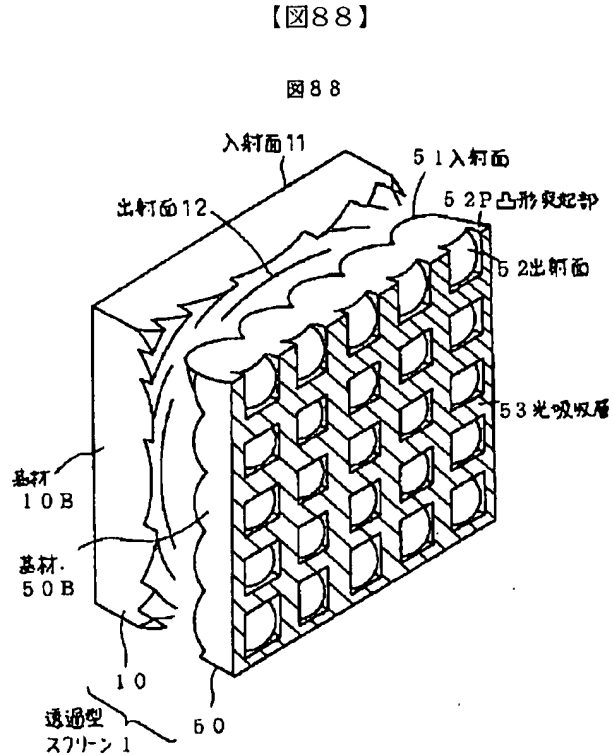


【図89】

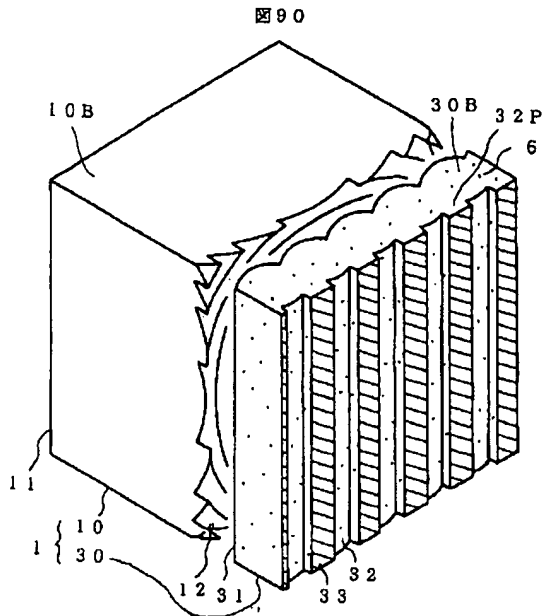
図89

【図88】

図88

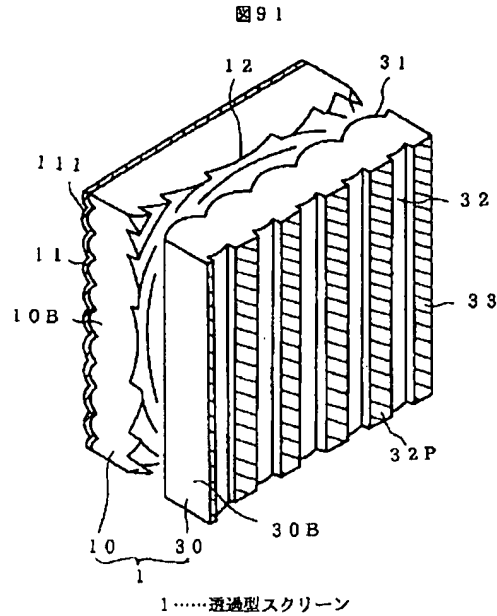


【図90】



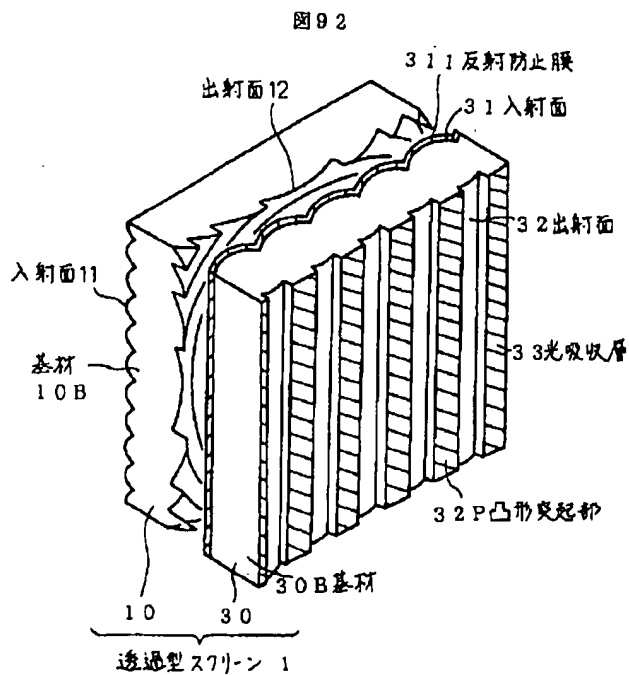
- 1……透過型スクリーン
 6……光拡散材
 10……フレネルレンズシート
 30……第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 30B……基材
 11, 31……光入射面
 12, 32……光出射面
 32P……凸形突起部
 33……光吸収帯

【図91】

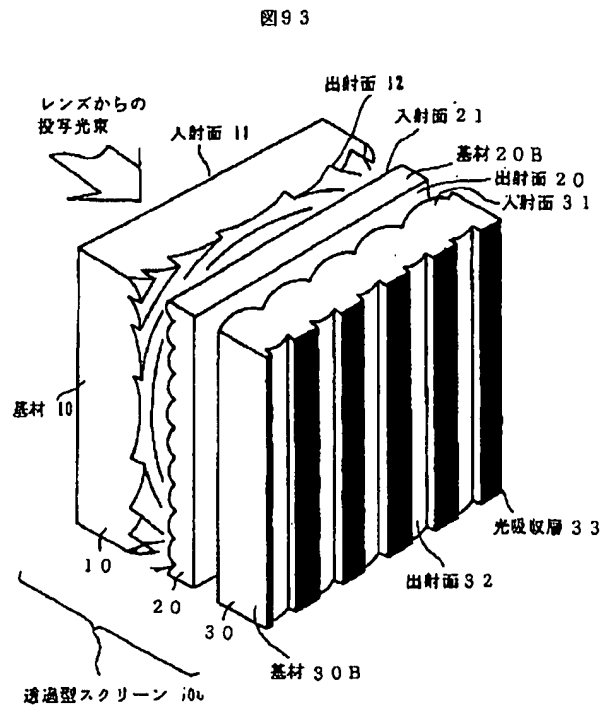


- 1……透過型スクリーン
 10……フレネルレンズシート
 30……第二のレンチキュラーレンズシート
 10B, 30B……基材
 11, 31……光入射面
 12, 32……光出射面
 32P……凸形突起部
 33……光吸収帯
 111……反射防止膜

【図92】

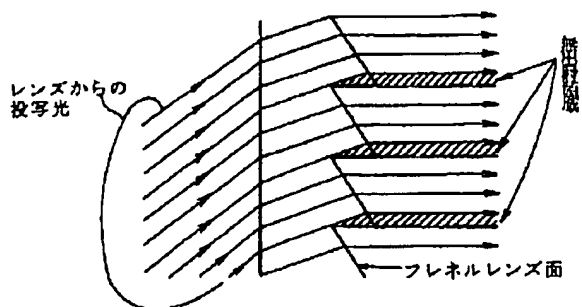


【図93】



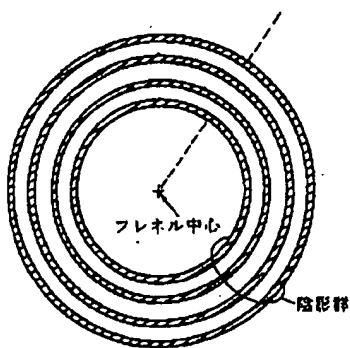
【図94】

図94



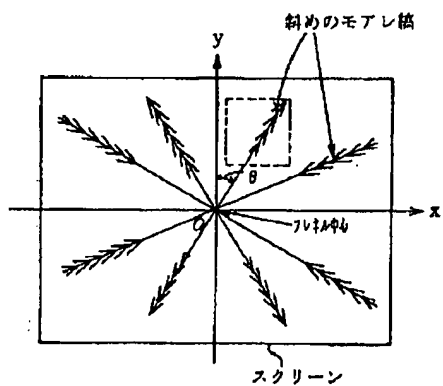
【図95】

図95



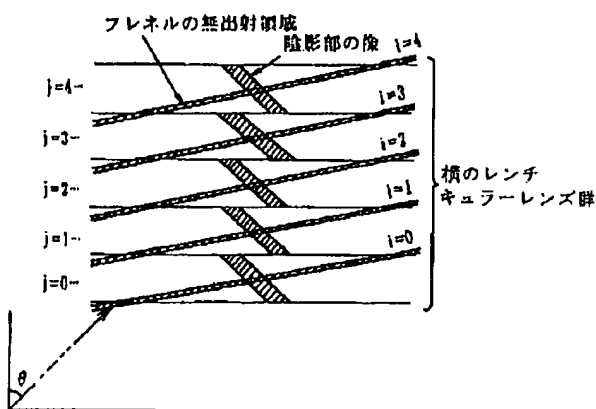
【図96】

図96



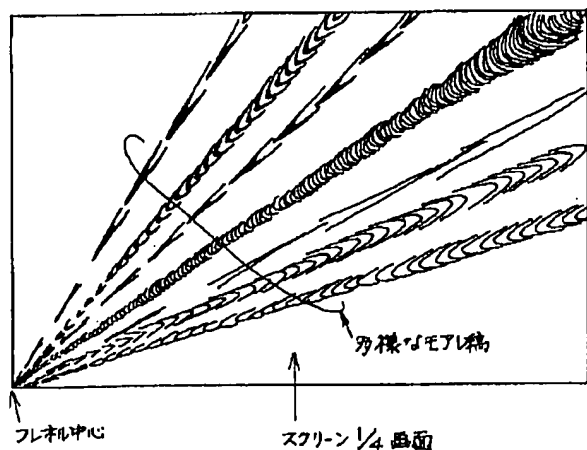
【図97】

図97



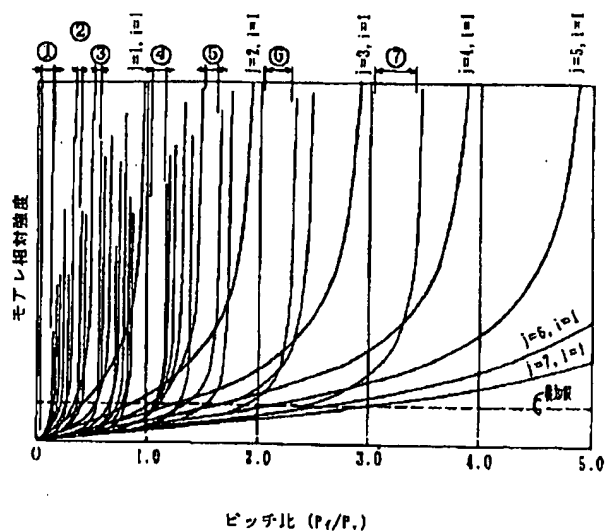
【図98】

図98



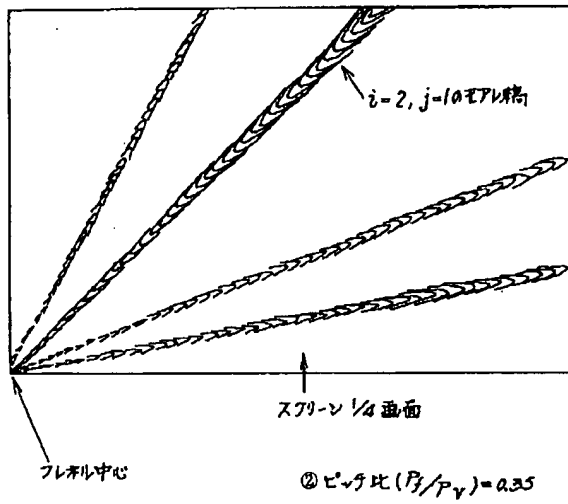
【図99】

図99



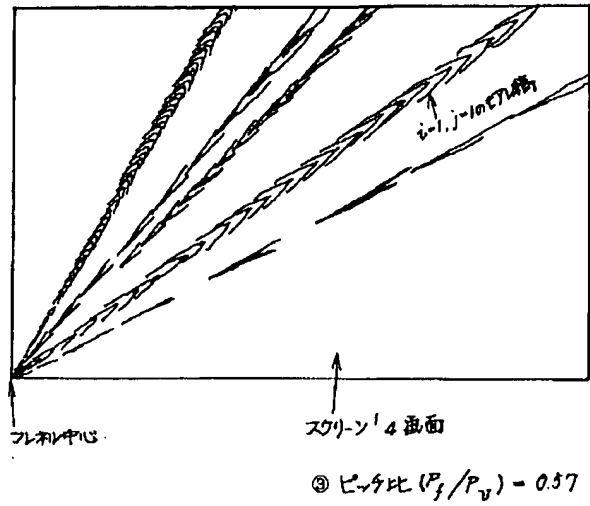
【図100】

図100



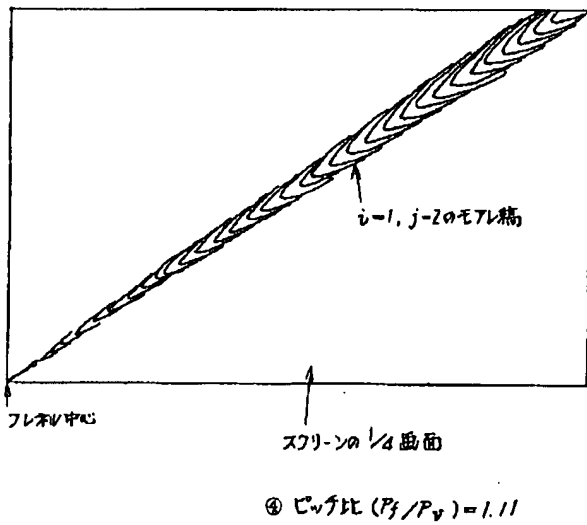
【図101】

図101



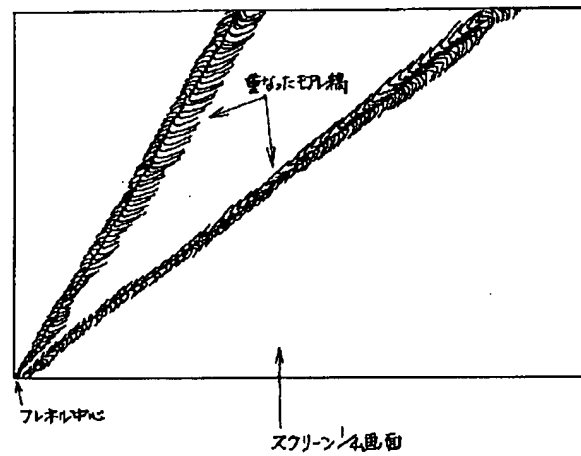
【図102】

図102



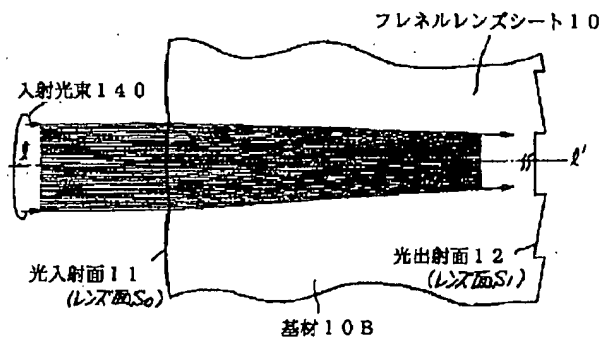
【図103】

図103



【図108】

図108



【図104】

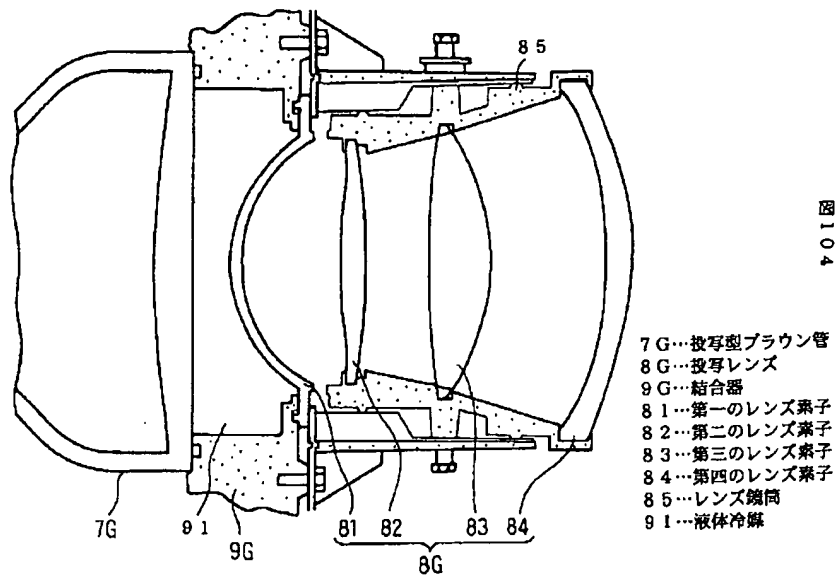


図104

【図105】

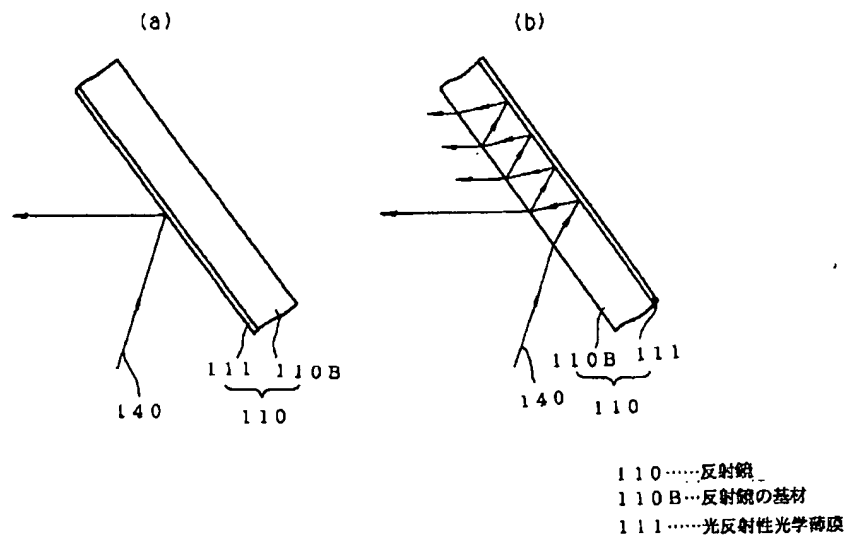
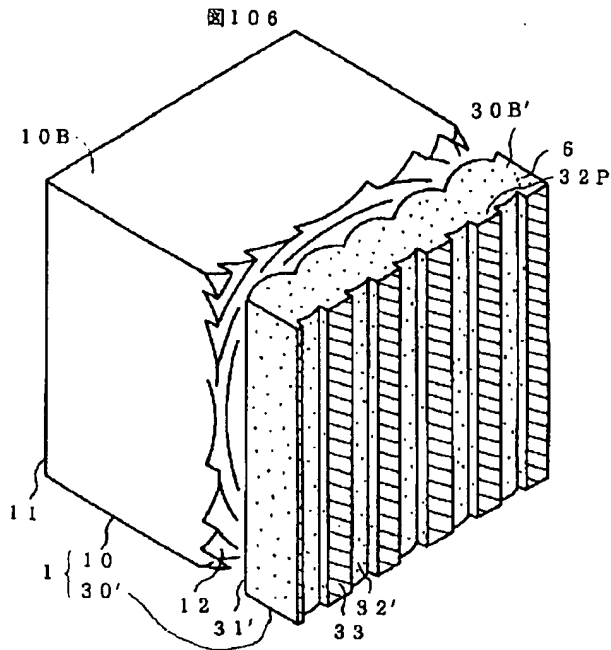


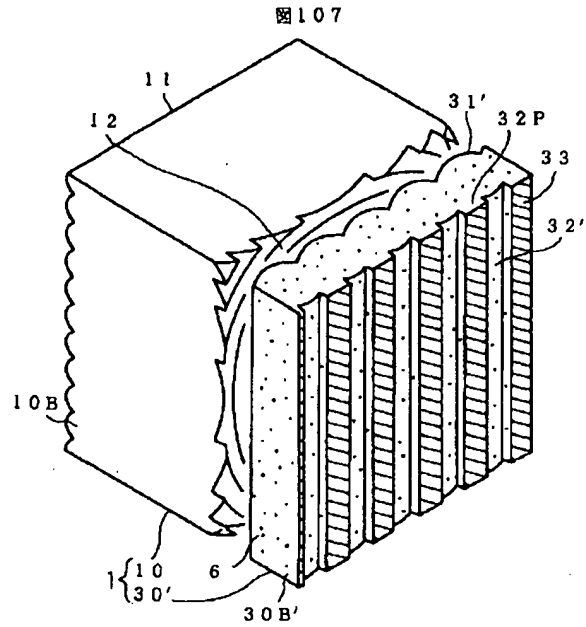
図105

【図106】



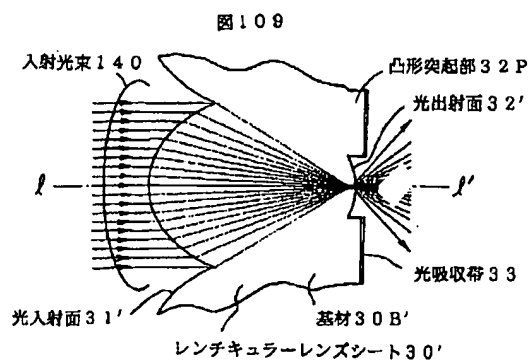
- 1.....透過型スクリーン
- 6.....光拡散材
- 10.....フレネルレンズシート
- 30'.....レンチキュラーレンズシート
- 10B, 30B'.....基材
- 11, 31'.....光入射面
- 12, 32'.....光出射面
- 32P.....凸形突起部
- 33.....光吸収帯

【図107】

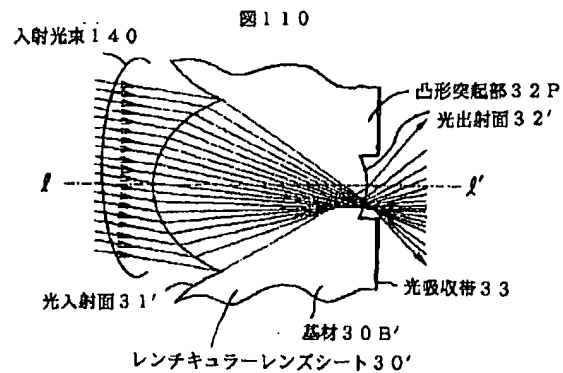


- 1.....透過型スクリーン
- 6.....光拡散材
- 10.....フレネルレンズシート
- 30'.....レンチキュラーレンズシート
- 10B, 30B'.....基材
- 11, 31'.....光入射面
- 12, 32'.....光出射面
- 32P.....凸形突起部
- 33.....光吸収帯

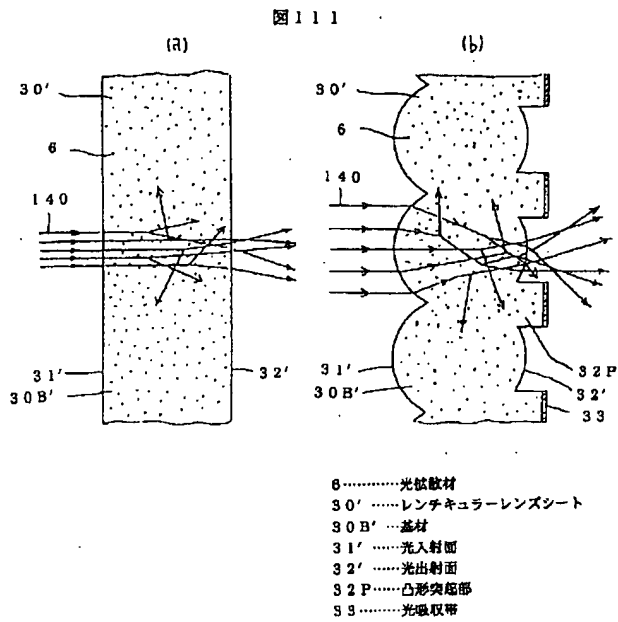
【図109】



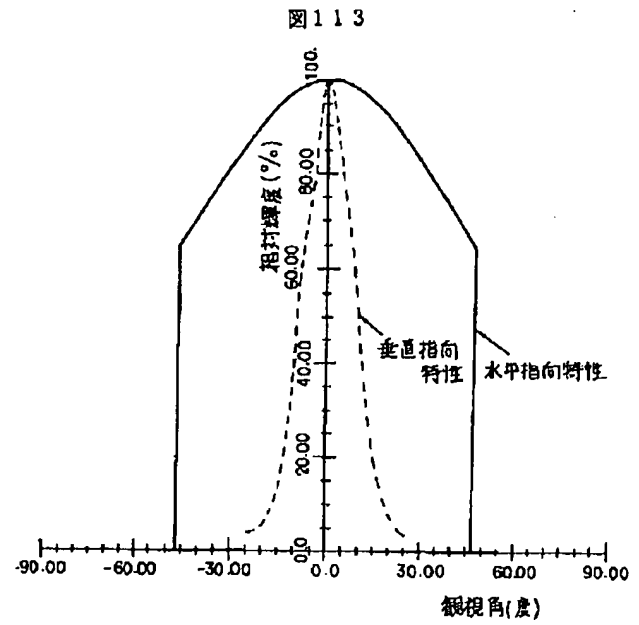
【図110】



【図111】



【図113】



【図112】

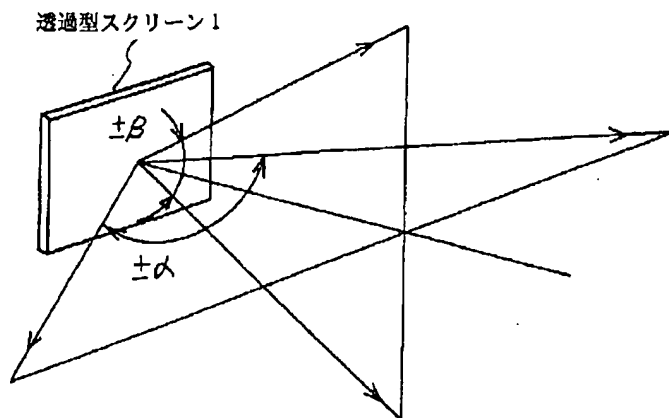
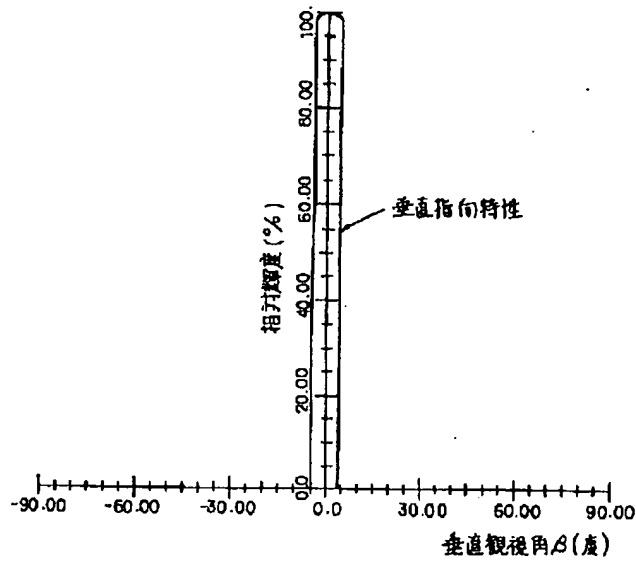


図112

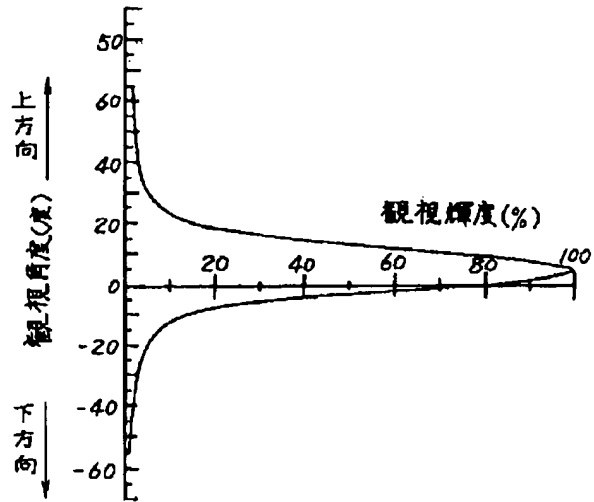
【図114】

図114



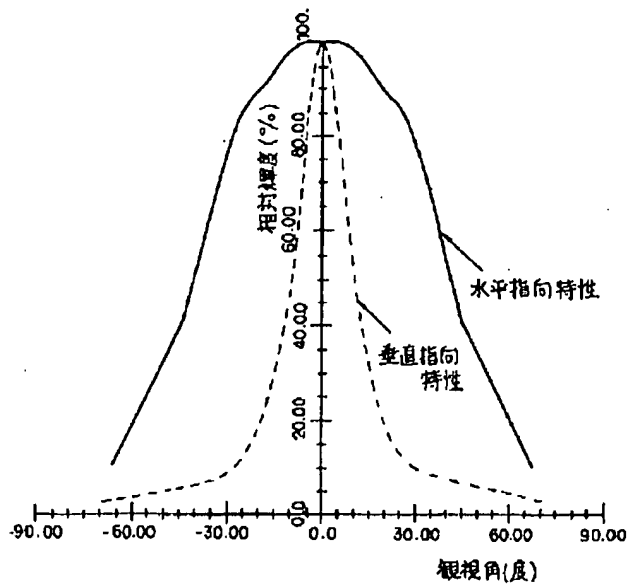
【図115】

図115



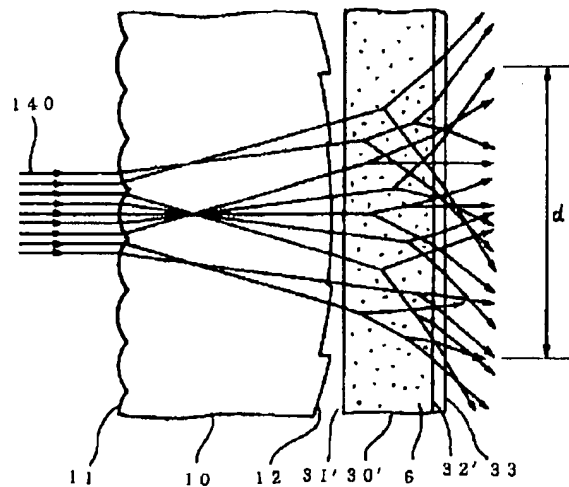
【図116】

図116



【図117】

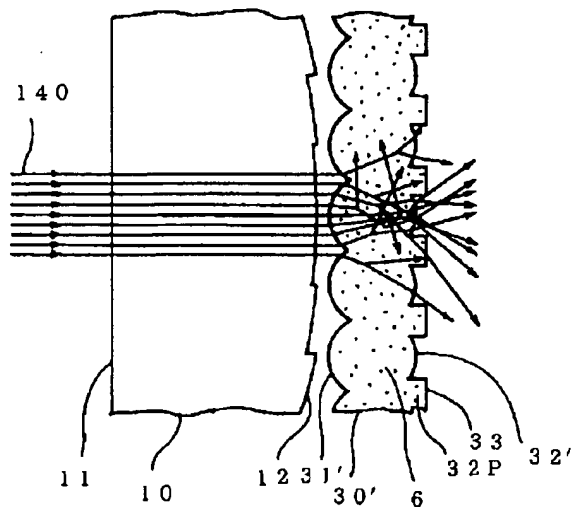
図117



- 6.....光拡散材
- 10.....フレネルレンズシート
- 30'.....レンチキュラーレンズシート
- 11, 31'...光入射面
- 12, 32'...光出射面
- 32P...凸形突起部
- 33.....光吸収帯

【図118】

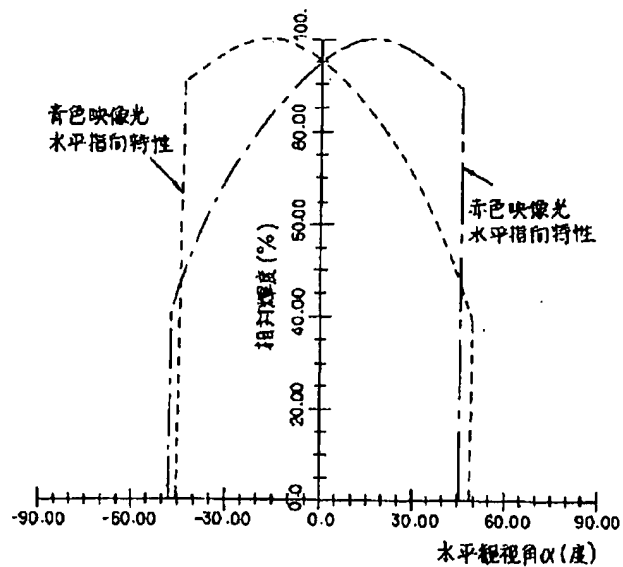
図118



- 6.....光拡散材
 10.....フレネルレンズシート
 30'...レンチキュラーレンズシート
 11, 31'...光入射面
 12, 32'...光出射面
 32P...凸形突起部
 33.....光吸収帯

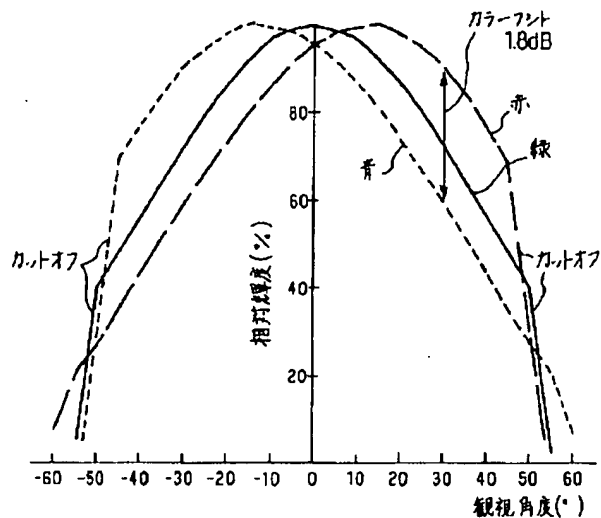
【図120】

図120



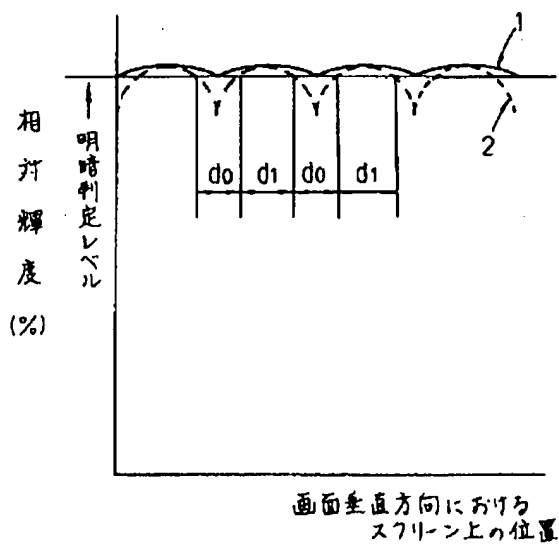
【図119】

図119



【図121】

図121



【手続補正書】

【提出日】平成13年12月21日(2001.12.21)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有する投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.34の内の少なくとも1つに設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項2】請求項1に記載の透過型スクリーンにおいて、前記フレネルレンズ面の画像観視側に縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を配したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項3】請求項1に記載の透過型スクリーンにおいて、前記フレネルレンズ面の画像観視側に縦長レンチキュラーレンズ面、画像発生源側に横長レンチキュラーレンズ面を配したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項4】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有し、縦長レンチキュラーレンズのピッチ P_h に比して、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v が共に小さい投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f

と横のレンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.34の内の少なくとも1つに設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項5】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有し、縦長レンチキュラーレンズのピッチ P_h に比して、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v が共に小さい投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f と横のレンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.34の内の少なくとも2つを有する複合ピッチに設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

【請求項6】少なくとも1つのフレネルレンズ面と縦長レンチキュラーレンズ面と横長レンチキュラーレンズ面を有し、縦長レンチキュラーレンズのピッチ P_h に比して、フレネルレンズのピッチ P_f と横長レンチキュラーレンズのピッチ P_v が共に小さい投写型画像表示装置の透過型スクリーンにおいて、フレネルレンズのピッチ P_f と横のレンチキュラーレンズのピッチ P_v のピッチ比 P_f/P_v を、0.05～0.15、0.33～0.40、0.5～0.6、1.0～1.15、2.0～2.34の内の少なくとも2つを有する複合ピッチとし、その1周期のピッチの総和 P が、縦のレンチキュラーレンズのピッチ P_h に対して $P/P_h = M + 0.3 \sim M + 0.7$ (M ; 自然数)あるいはその逆数の間に設定したことを特徴とする透過型スクリーン。

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願平4-203449
(32)優先日 平成4年7月30日(1992.7.30)
(33)優先権主張国 日本(JP)
(31)優先権主張番号 特願平5-92736
(32)優先日 平成5年4月20日(1993.4.20)
(33)優先権主張国 日本(JP)
(31)優先権主張番号 特願平5-84417
(32)優先日 平成5年4月12日(1993.4.12)
(33)優先権主張国 日本(JP)

(72)発明者 平田 浩二
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所映像メディア研究所内
(72)発明者 大沢 敦夫
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所映像メディア研究所内
(72)発明者 松田 裕
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所映像メディア研究所内
(72)発明者 村中 昌幸
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所映像メディア研究所内

Fターム(参考) 2H021 BA25 BA26 BA27 BA28